

53239

53239

~~53252~~

ACTA UNIVERSITATIS SZEGEDIENSIS

PARS CLIMATOLOGICA SCIENTIARUM NATURALIUM

CURAT: R. WAGNER †

ACTA CLIMATOLOGICA

TOMUS XL

FASC. 1—4

SZEGED (HUNGARIA)

1972

53239

ACTA UNIVERSITATIS SZEGEDIENSIS

PARS CLIMATOLOGICA SCIENTIARUM NATURALIUM

CURAT: R. WAGNER

ACTA CLIMATOLOGICA

TOMUS XI.

FASC. 1—4.



SZEGED (HUNGARIA)

1972



Prof. Dr. Richard Wagner †



IN MEMORIAM PROF. R. WAGNER

(1905—1972)

von

B. BÉLL

Am 1. April 1972 ist Prof. R. WAGNER, hervorragender Vertreter der Klimaforschung und der Universitätsunterricht der Meteorologie, Bahnbrecher der Mikroklimatologie und Biometeorologie in Ungarn, Begründer und durch 10 Jahre *Chefredaktor der Acta Climatologica* im Alter von 67 Jahren verschieden.

Prof. R. WAGNER ist am 21. März in Kecskemét, in einer typischen Stadt der Ungarischen Tiefebene, im Zentrum seiner engeren Heimat, des Donau—Theiss Zwischenstromlandes geboren. Mit den geographischen und klimatischen Eigenschaften seiner Heimatstadt hat er sich — besonders zu Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn — in mehreren wissenschaftlichen Abhandlungen beschäftigt (Die Wasserversorgung von Kecskemét, Das Wetter von Kecskemét), die Fragen der Wirtschaftsgeographie, der Ansiedlungsprobleme, und die Charakteristika des Wetters und des Klimas der Ungarischen Tiefebene lieferten aber ein reiches Forschungsprogramm fürs ganze Leben dem zum berufensten Forscher der Ungarischen Tiefebene heranwachsenden RICHARD WAGNER.

Seine Universitätsstudien absolvierte er an der Fakultät der Naturwissenschaften der Universität in Szeged. Sein hauptsächliches und bis zum Lebensende betriebenes Hauptgebiet war die physische Geographie und insbesondere die Klimatologie. Im Jahre 1924, als der junge RICHARD WAGNER sein Universitätsstudium begann, war die Universität der Stadt Szeged bloss 3 Jahre alt. Die ausgezeichneten Professoren und die von ihnen entfaltete Tätigkeit gestalteten aber die junge Universität in kurzer Zeit zu einem Zentrum für Forschung und Unterricht hohen Grades in Ungarn. Unter den Professoren ihrer Fakultät für Naturwissenschaften finden wir bereits in den ersten Jahren Zoologen, wie ISTVÁN APÁTHY, ENDRE DUDICH, BÉLA FARKAS, JÓZSEF GELEI; Geologen, wie ISTVÁN FERENCZY, ISTVÁN GAÁL, ISTVÁN MIHÁLTZ, ZSIGMOND SZENTPÉTERY; Botaniker, wie GYULA GAYER und ISTVÁN GAYER, und endlich Geographen, wie KÁROLY KOGUTOWITZ und GÁBOR SCHILLING, um nur die Fachgebiete zu erwähnen, die die Grundlage der wissenschaftlichen Ausbildung von RICHARD WAGNER bildeten. Ein grosser Teil dieser Professoren kam von der früheren Universität von Kolozsvár, und mehrere unter ihnen gelangten zu einem internationalen Ruf.

Der junge RICHARD WAGNER absolvierte seine Studien in dieser trotz den anfänglichen Schwierigkeiten doch zu einer Lehranstalt höchsten Niveaus heranwachsenden Umgebung und hier begann er auch seine wissenschaftliche Laufbahn. Sein wissenschaftliches Interesse leitete ihn zu den Gebieten der Geographie, der astronomischen Geographie und der Klimatologie. Nach Beendigung seiner Universitätsstudien, beziehungsweise zur Ergänzung derselben arbeitete er in 1929—1930 als Stipendist an der Münchener Universität auf speziellen Gebieten der Meteorologie

bei Professor SCHMAUSS und R. GEIGER. Er nahm auch in der Bayerischen Landeswetterwarte im synoptischen Dienst und in den Mikroklimaforschungen von GEIGER teil. Die letzteren waren von entscheidender Bedeutung für seine spätere wissenschaftliche Laufbahn, und bestimmten die Richtung seiner fruchtbarsten Forschungen. Geigers Arbeitsmethode, die moderne physikalische Betrachtungsweise der Phänomene der bodennahen Luftschicht, und die spezielle, den Erscheinungen angewandte Messungsmethodik eröffnete neue Wege und begründete eine neue Schule der Mikroklimaforschung, die eine auf Messungen aufgebaute Forschungsbasis der sich entwickelnden Biometeorologie, und des in unseren Tagen für die ganze Menschheit interessanten Themas „Mensch und Umwelt“ der Biosphäre geschaffen hat. WAGNER verfolgte vom Anfang an stets mit grossem Interesse und Anerkennung die Tätigkeit von GEIGER, und wandte die Resultate seiner in Deutschland verfolgten Studien mit grossem Erfolg in seinen späteren Forschungen in Ungarn an, wobei er auch zur Weiterentwicklung dieser Gedanken einen wesentlichen Beitrag leistete.

Nach seiner Heimkehr bekam er eine Anstellung als Praktikant im Geographischen Institut der Universität von Szeged und leitete die praktische Arbeiten der Universitätshörer auf den Gebieten der Astronomie, Geographie, Kartographie und Klimatologie. In den „Geographisches Seminar“ betitelten Heften des Institutes erschienen mehrere seiner Arbeiten didaktischen Charakters, aus welchen man ein Bild Wagners, des Pädagogen von gutem praktischen Sinn gewinnt, und die auch sein Interesse für das globale Weltbild, für die globale Betrachtungsweise bekunden.

Seine zur Meteorologie gehegte Zuneigung, die auch durch seine Studienreise in München verstärkt wurde, leitete sein wissenschaftliches Interesse zur Klimatologie, aber er befasste sich auch weit tiefer, als zur Gewinnung von oberflächlichen Kenntnissen erforderlich, mit synoptischer Meteorologie, Aerologie und Flugmeteorologie. In den letzteren hatte er solche Meister, wie GYÖRGY MARCZELL, den Begründer der Aerologie in Ungarn und ALFRED HILLE, a. o. Professor an der Universität Szeged. HILLE begann nach dem ersten Weltkriege eben in Szeged die aerologischen Messungen, und meteorologischen Flugzeugaufstiege, in denen auch RICHARD WAGNER teilnahm.

Anfangs der dreissiger Jahre wurden im Rahmen der praktischen Übungen des Geographischen Instituts die Wetterkarten von Europa systematisch verfertigt, und WAGNER versuchte überdies die Ausgabe von Wettervorhersagen für den Raum von Südungarn. Die Basis derselben bildete das in 1933 errichtete Meteorologische und Seismologische Observatorium der Universität, das im Rahmen des Geographischen Institutes im wesentlichen von R. WAGNER geleitet wurde. Das Observatorium setzte eigentlich die — mit einem bedeutenden Messungsprogramm, unter anderem mit Pilotmessungen erweiterte — Arbeit der in 1870 errichteten meteorologischen Beobachtungsstation fort. Selbstverständlich konnte der bereits damals äusserst arbeitsintensive (Radioempfang, Kartenzeichnung, Analyse und Prognose) Vorhersagedienst vom Universitätsinstitut mit seinem kleinen Personal auf die Dauer nicht versehen werden, dem die Arbeit leitenden und zum grossen Teile allein versiehenden RICHARD WAGNER biete es aber eine ausgezeichnete Möglichkeit eine Praxis und moderne Betrachtungsweise auf dem Gebiete der sich rasch entwickelnden synoptischen Meteorologie zu erlangen.

WAGNER versuchte die ziemlich komplizierten Windverhältnisse Ungarns und seines engeren Vaterlandes, der Ungarischen Tiefebene mit der zyklonalen Tätigkeit Mitteleuropas in Zusammenhang zu bringen mit dem Gedanken, dass sich in den tatsächlichen Windverhältnissen die orographischen Einflüsse und die zyklonale

Tätigkeit vereint widerspiegeln. In seiner unter dem Titel „Die Windverhältnisse der Ungarischen Tiefebene“ erschienenen klimatologischen Monographie bearbeitete er die zwischen 1896 und 1915 ausgeführten Windbeobachtungen von 24 Stationen der Ungarischen Tiefebene. ZSIGMOND RÓNA, der damalige Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie, und international anerkannter Spezialist der ungarischen Klimaforschung schrieb mit Anerkennung vom grossen Werke des jungen Geographen-Klimatologen, und spricht von dem Buche, als der ersten umfassenden Windmonographie nach den Werken von HEGYFOKY (1904), RÓNA (1909) und DEFANT (1924). Als den wertvollsten Teil derselben erwähnt er die von den 20-jährigen Angabenreihen von 24 Stationen der Ungarischen Tiefebene zusammengestellten monatlichen Windrichtungshäufigkeitstabellen, sowie die nach den eigenen Ideen Wagners verfertigten „Isothanimas“-Karten, deren Isolinien für gewisse Windrichtungen die Orte der gleichen Häufigkeit verbinden. Durch die mit der Verwendung der resultierenden Windrichtungen konstruierten Strömungslinien hat er bewiesen, dass die von HEGYFOKY angenommene Strömungskonvergenz im permanenten Strömungssystem Ungarns tatsächlich erscheint und zwar in der Form einer in der Richtung N—S liegenden Konvergenzlinie östlich von der Linie der Theiss. Als Resultat wird von WAGNER festgestellt, dass die Windverhältnisse der Ungarischen Tiefebene nicht bloss die orographischen Bedingungen widerspiegelnden Makrocharakteristiken aufweisen, sondern in jene Windsysteme gehören, die von den zyklonalen und monsunalen Effekten in Europa hervorgerufen werden. In diesem Sinne muss die sommerliche nördliche und die winterliche südliche Komponente der westlichen vorherrschenden Windrichtungen, die winterliche Verstärkung der Woeikow'schen kontinentalen Achse in der Tat dem monsunalen Charakter unserer Windverhältnisse zugeschrieben werden.

Den auf die Windverteilung ausgeübte Effekt der Zyklonentätigkeit in Europa hat WAGNER mit einem grossen Arbeitsaufwand auch in ihren Einzelheiten untersucht. Er hat die in 1891 erschienene Arbeit Van Bebbers wieder belebt, in welcher VAN BEBBER auf Grund der Angaben der Jahre 1876—1880 die häufigsten Wege der durch Europa ziehenden Zyklonen in grossen Zügen bezeichnet hat. Den Versuch Van Bebbers hat WAGNER mit Anwendung des grösseren Angabenmaterials der Periode 1926—1930 und mit moderneren synoptischen Methoden fortgesetzt (1937). Er hat einen charakteristischen Unterschied in der saisonalen Gestaltung der europäischen Zyklonenbahnen vorgefunden. In der winterlichen Jahreszeit war der Rumpf des Kontinents ziemlich arm an Zyklonen, verglichen mit den Meeren und mit dem warmen Mittelländischen Meer. Die Bahnen der aus dem Raume von Island und Irland stammenden Zyklonen lagen weit nördlich von Ungarn. Gleichzeitig stieg die Häufigkeit der im Becken des Mittelländischen Meeres vom Westen nach den Osten ziehenden Zyklonen mit dem Sommer verglichen bedeutend an. Zwischen den in den nördlichen und südlichen an Zyklonen verhältnismässig reichen Zonen, in den entlang der Woeikow'schen kontinentalen Achse liegenden, an Zyklonen armen Gebieten war das Erscheinen der winterlichen gut ausgebildeten Zyklonen charakteristisch. Im Winter kam also in der Untersuchungsperiode ein starker kontinentaler Effekt und mediterraner Einfluss zur Geltung in Mitteleuropa und so auch im Raume von Ungarn. Diese regionale-synoptische Betrachtungsweise WAGNER's konnte in der Analyse der Windverhältnisse der Ungarischen Tiefebene sehr gut verwertet werden.

Die meteorologischen Bezüge des nach dem zweiten Weltkriege in Aufschwung kommenden Flugverkehrs untersuchte WAGNER vom klimatologischen Aspekte aus-

gehend. In seinen beiden Arbeiten („Klimatologische Gegebenheiten der Aviation auf der Erde“ und „Geographische Standpunkte der Aviation“, 1952) teilte er die Klimazonen der Erde auf Grund der vom Standpunkte des Flugverkehrs gefährlichen Lagen, damals in erster Linie des Vorkommens der Vereisung, ein, und versuchte auf Grund der wirksamen klimatologischen Elemente, hauptsächlich auf der verschiedenen Kombination der Temperatur und des Niederschlages die Errechnung von flugklimatologischen Indexzahlen, die die Zusammenstellung einer zu Zwecken des Flugverkehrs geeigneten globalen Klimaaufteilung ermöglichten.

Nach der zweiten Weltkriege wurde das Geographische Institut von Szeged von Professor GYULA PRINZ geleitet, der — auch selber eine hervorragende Gestalt der physikalischen Geographie — die Bedeutung der Klimatologie und so auch die diesbezüglichen Untersuchungen von WAGNER richtig einzuschätzen wusste. Mit seiner Unterstützung wurde im Rahmen des Geographischen Institutes eine Station für die Erforschung der Physik der Atmosphäre, und später ein Meteorologisches Observatorium errichtet, am 1. September 1952 aber begann ein selbständiger Lehrstuhl für Klimatologie ihre Tätigkeit an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität in Szeged. Der Leiter des Lehrstuhles war RICHARD WAGNER und einen Monat später wurde er zum o. ö. Professor ernannt. Als Professor war er ein aktives und hochgeschätztes Mitglied des Unterrichtspersonals der Universität. In 1957/58 entfaltete er am Posten des Dekans der Naturwissenschaftlichen Fakultät eine fruchtbare Arbeit auf dem Gebiete der Unterricht und der Ausbildung des Lehrpersonals. Er spielte auch eine aktive Rolle in der sich auf das ganze Land erstreckenden Koordination der Meteorologie, in seiner Eigenschaft als Mitglied des Arbeitskomitees für die Unterricht und Mitglied des Wissenschaftlichen Rates der Ungarischen Meteorologischen Gesellschaft. In 1967 wurde er auf Grund der Verteidigung seiner wertvollen Dissertation vom unter der Aufsicht der Ungarischen Akademie der Wissenschaften funktionierenden Wissenschaftlichen Qualifizierungskommission zum Doktor der geologischen und mineralogischen Wissenschaften promoviert.

Seine Ernennung zum Professoren ermöglichte ihm sein altes Lieblingsstudium, die Mikroklimatologie, in den Vordergrund der an dem Lehrstuhl für Klimatologie der Universität Szeged durchgeführten Forschungen zu rücken, und auch die perspektivischen Pläne der kleinen Universitätsforschungsgruppe auf dieses Gebiet zu lenken. Dieses Forschungsprogramm wurde mit einer gründlichen Arbeit vorbereitet, und als Resultat dieser Arbeit wuchs Szeged in den nachfolgenden Jahrzehnten zu einem bedeutendsten Zentren der Mikroklimaforschung in Ungarn.

Die prinzipiellen Erwägungen Wagners, woraus er aus den grossen Studien der Geographie und der Klimatologie den Begriff der geographischen Landschaft und jenen des Mikroklimas, sowie die prinzipielle Methoden der Mikroklimaforschung ableitete, und sie zielbewusst abgrenzte, müssen hoch eingeschätzt werden. Nach seiner Meinung ist die Aufgabe der Geographie in erster Linie die Erforschung der geographischen Landschaft, jene aber der Meteorologie ist die Erforschung der mit der Landschaft in engem Zusammenhange stehenden Atmosphäre. Die Landschaft wird von der Wechselwirkung zahlreicher geographischer Faktoren hervorgebracht. Die wichtigsten unter ihnen sind die Gravitation, die Strahlung, die Erdkugelform, die Erdkruste, die Hydrosphäre, der Boden, die Welt der Pflanzen und der Tiere, und endlich der Mensch selbst. Diese Betrachtungsweise ist bestrebt eine gewisse Synthese der Geowissenschaften, eine einheitliche geonomische Komplexität unserer Tage in der Definition eines ausserordentlich wichtigen Begriffes:

der Landschaft zustande zu bringen. In dieser Auffassung ist die Landschaft in allen Phasen der Wechselwirkung der geographischen Faktoren unterschiedlich (Dynamismus der Landschaft), aber auf Grund der Ähnlichkeit der Wechselwirkungen können innerhalb gewisser Grenzen einheitliche Landschaften unterschieden und diese voneinander abge sondert werden.

Die Feststellung der innerhalb gewisser Grenzen bestehenden Ähnlichkeit der abgesonderten Landschaften und die Erforschung der Frage, welche jene Wechselwirkungen sind, die den speziellen Charakter der Landschaft bestimmen, ist die Aufgabe der Geographie.

Die Atmosphäre und die Landschaft sind auf der ganzen Erdoberfläche im Kontakt miteinander. Nach der Ansicht von WAGNER ist das Wetter das Resultat und zugleich Prozess der Wechselwirkung der Atmosphäre und der Landschaft.

In den ständigen Änderungen der Landschaft können verschiedene Rhythmen und Perioden vorgefunden werden infolge z. B. der Rotation der Erde. Nach WAGNER ist das Klima der Prozess der von der Umgebung, von der Landschaft beeinflussten periodischen rhythmischen Zustandsänderungen der Atmosphäre.

In der Ausgestaltung des Klimas ist das Substratum, d.h. also die Oberfläche mit ihrer Pflanzendecke von einer entscheidenden Bedeutung. WAGNER schreibt in seinen Mikroklimaforschungen dem Substratum eine grosse Bedeutung zu. Im Grunde genommen verstand er unter Substratum die Einwirkungsfläche der Sonnenstrahlung, die die langwellige Ausstrahlung emittierende Fläche.

Mit der allmählichen Entfernung von Substratum nehmen die Effekte der Umgebung ab, und dem entsprechend ändert sich das Klima. Auf Grund der mit der Entfernung der Oberfläche sich ändernden Klimacharakteristiken kann das vertikale System des Klimas erkannt werden: das Substratumklima, das Mikroklima, Lokalklima, Mesoklima, Makroklima und Globalklima. An den solcherart abgetrennten Klimagebieten kann der Rhythmus, die Periode und die Umgebungsabhängigkeit der Atmosphäre verschieden sein, das absonderbare Klimagebiet bleibt aber doch ein innerlicher Teil der Atmosphäre, es nimmt in den Zustandsänderungen der ganzen Atmosphäre teil, ja es kann sogar der hervorrufende Faktor derselben werden. Demgemäss ist das Mikroklima ein in der unter der unmittelbaren Auswirkung des Substratums stehenden Luftschicht vor sich gehende Prozess der rhythmischen, periodischen und von der Umgebung abhängigen Zustandsänderungen der Atmosphäre.

Dementsprechend ist der Raum des Mikroklimas jene Grenzschrift der Atmosphäre und der Oberfläche, innerhalb deren die atmosphärischen Vorgänge unter dem unmittelbaren Einfluss des Substratums stehen. Der Mikroklimaraum kann nicht bloss vertikal, sondern auch horizontal abgegrenzt werden und so kann auch die Kartierung der abgesonderten Mikroklimaräume vorgenommen werden.

WAGNER befasste sich auch grundlegend mit den prinzipiellen und methodologischen Fragen der Mikroklimakartierung der grösseren Räume. Nach seiner Auffassung — der wir unbedingt zustimmen können — muss bei der Absonderung, Kartierung und Systematisierung der Mikroklimas vor Augen gehalten werden, dass der Mikroklimaraum keinen unabhängigen Teil der Landschaft und der Atmosphäre bildet, sondern sich in einer Wechselwirkung mit anderen Mikroklimaräumen befindet. Auf die Gesamteinwirkung der Mikroklimas mit ähnlichem Charakter bildet sich ein Lokalklima aus, mehrere ähnliche Lokalklimate bilden ein Mesoklima, und auf die komplexe Auswirkung derselben bildet sich das Makroklima aus, diese

schmelzen aber zu globalen Klimazonen zusammen, die Einheit derselben ist das Klima der Erde.

Letzten Endes muss es als Grundprinzip anerkannt werden, dass das Klima unteilbar ist und es bloss systematologisch klassifiziert werden kann. Dieses richtige Prinzip kommt unter anderem darin zum Ausdruck, dass die einzelnen Mikroklimaräume unter dem Einfluss des sie umgebenden Lokalklimaraumes stehen und ihr Klima in einem anderen Lokalklimaraume nicht das selbe wäre.

In der Systematisierung, Kartierung der Mikroklimata hob WAGNER vier in erster Reihe in Betracht zu ziehende Faktoren hervor. Diese sind: die Strahlung, die orographischen und morphologischen Gegebenheiten, der physikalische Zustand der Atmosphäre (in diesem kommen das Makro-, Meso- und Lokalklima zur Rolle) und das Substratum. Nach seiner Hypothese ist in jenen Räumen, wo diese Faktoren innerhalb gewisser Grenzen identisch sind, auch das Mikroklima identisch. Auf dieser Grundlage können also auch die Mikroklimaräume systematisiert und kartiert werden. Bei der praktischen Anwendung dieses Grundprinzips erwies sich die weitere Klassifizierung Wagners — die Unterscheidung zwischen Mikroklimata I., I., III. usf. Ranges — als sehr brauchbar. Im Mikroklimaraume höchsten Grades (I.-Ranges) sind die obenerwähnten Faktoren praktisch identisch. Ein solcher Raum ist z. B. das Weideland, die Wiese, der Wald usw. In den miteinander in Kontakt stehenden Grenzzonen der Mikroklimata I.-ten Grades bilden sich neuere Mikroklimas mit den vorigen *nicht* identischem Substratum. Solche Mikroklimata II.-Grades bilden sich am Rande des Waldes aus, in der Kontaktzone von Vegetation verschiedener ökologischen Eigenschaften, an Flussufern, beim Bergfuss usw. Auch innerhalb der Mikroklimaräume I.-Grades bilden sich Mikroklimas niedrigeren Ranges (III., IV) infolge von Expositionsunterschieden kleineren Ausmasses, sowie der Abweichung der Oberflächenform, des Pflanzenbestandes usw. Solche sind z. B. die kleinen Waldesdolenen, Gruben usw.

Dieser scheinbar ins Unendliche gehenden Aufteilung werden jedoch von im voraus bestimmten Aufgaben und Zielen Grenzen gesetzt, und dies ist ein charakteristischer Zug der Mikroklimaforschung. Die Beurteilung des Umstandes, mit welcher Detaillierung die Gliederung der Mikroklimaräume stattfinden soll, hängt nämlich von den verschiedenen Fachwissenschaften, und nicht in letzter Linie von den Erfordernissen der praktischen Standpunkte der Mikroklimakartierung an den industriellen, landwirtschaftlichen und natürlichen Landschaften voneinander ab, und sind auch vom Charakter der Aufgabe abhängig. Dagegen kann das genetische Prinzip der Mikrokartierung, nämlich die Derivation der Mikroklimaräume aus dem Lokal-, Meso- und Makroklima, und die ausführliche Analyse der letzteren, nicht ausser Acht gelassen werden.

In seinen prinzipiellen Überlegungen brachte es WAGNER klar zum Ausdruck dass die Aufgabe der Mikroklimakartierung nicht die ausführliche Erkenntnis der innerhalb des Raumes sich absondernden Mikroklimas ist, sondern, bloss als erster Schritt die Bezeichnung der über gleiche Werte der die Mikroklimas gestaltenden Faktoren verfügenden Räume. Das effektive Mikroklima der Mikroklimaräume kann mit ausführlichen und speziellen, der Aufgabe angepassten Messungen erschlossen werden.

Diese klar definierten Prinzipien wurden von WAGNER in der Lösung von zahlreichen praktischen Aufgaben, so z. B. in der Mikroklimakartierung von Regionen verschiedener ökologischer Gegebenheiten, also Wälder, Reisfelder usw. mit Erfolg angewandt, und seine Methode erwies sich als sehr brauchbar.

Die ausführlichen Messungen hielt WAGNER für unerlässlich zur Erschliessung des effektiven Mikroklimas der verschiedenen Mikroklimaräume. Zur Absonderung der Mikroklimas führte er bei verschiedenen Wetterlagen, in den wichtigsten Typen der Mikroklimaräume, die sich nach den obenerwähnten Faktoren voneinander absondern, — bei jeder Gelegenheit ausführliche Messungen durch. Das Ziel der Messungen war in erster Linie die Erkenntnis des Tages- und Jahresganges mit der Annahme, dass der Tages — und Jahresgang der klimatischen Elemente in den Mikroklimaräumen charakteristisch von jenem des als bekannt anzunehmenden Lokalklimas abweicht. Die Temperaturfluktuationen sind im dem direkten Effekt des Substratums stärker ausgesetzten Mikroklima grösser, der Wind ist schwächer, die Bildung von Tau und Rauheif ist intensiver usw., als im vom Substratum weniger abhängigen Lokalklimaräume.

Nach der Auffassung von WAGNER bedingt der Umstand, dass das Substratum sich ständig ändert, (z. B. infolge der Änderung der Vegetation), oder sich auch sprungweise ändern kann (z. B. die Tauung der Schneedecke), auch die Änderung des Mikroklimas. Deshalb sind die in der Makroklimatologie grundlegenden Durchschnittswerte in der Mikroklimaforschung von einer geringeren Bedeutung, und eine grössere Rolle kommt der Erkenntnis des typischen physikalischen Charakters der Erscheinungen zu. Die Hauptaufgabe der Mikroklimaforschung ist also die Erschliessung der Frage, welche Mikroklimas sich am Untersuchungsgebiet an *identischen* Substraten bei *verschiedenen* Wetterlagen, bzw. bei *identischen* Wetterlagen mit *verschiedenen* Substraten ausbilden.

Zur praktischen Lösung der in den obigen Prinzipien umschriebenen Aufgaben gab WAGNER in zahlreichen methodologischen Arbeiten eine ausführliche Anweisung, aber auf diese können wir bei der Beschreibung seines Lebenswerkes nicht ausführlicher zurückkommen, sondern weisen auf die Liste seiner Werke (s. nach dem Artikel) hin.

Die originellen Ideen von RICHARD WAGNER, ihre prinzipielle Erfassung, seine Definitionen gaben im Kreise der Meteorologen, Geographen und Biologen zu fruchtbaren Diskussionen Anlass, deren schriftliche Resultate einen wertvollen Teil der ungarischen Fachliteratur der vergangenen Jahrzehnte bilden.

Ausser den prinzipiellen und methodologischen Ideen und der genauen Definition der Ziele und der Begriffe hielt Wagner auch die Ausarbeitung der Messungsmethoden und der entsprechenden Mikroklima-Messinstrumente für sehr wichtig. Als ein wichtiges Erfordernis erachtete er, dass der Beobachter mit den Messungen die Mikroprozesse des Mikroklimaraumes nicht störe. Deshalb wählte und konstruierte er möglichst kleine, vom weiten ablesbare elektrische Instrumente. Auch in dieser Hinsicht war er ein Bahnbrecher in Ungarn. Seine Widerstandsthermometer funktionierten jahrelang verlässlich, und ermöglichten, dass im Zentrum des Untersuchungsgebietes in geschützten Räumlichkeiten die relativ grosse Anzahl von Thermometer, Feuchtigkeitsmesser und Windmesser in schneller Aufeinanderfolge abgelesen werden konnten. Zur Bestimmung des charakteristischen Tagesganges hielt er zur Zeit der stündlichen, raschen Änderungen die halbstündliche oder noch häufigere Angabenablösung als unerlässlich. Bei Expeditionsmessungen stützte er sich auf die Angaben von zweckmässig angesiedelten Klimastationen — als Bestimmer des Lokalklimas —, seine Mikroklimainstrumente unterbrachte er aber in bei der Kartierung festgestellten typischen Mikroklimaräumen.

Die in kleinen Räumen vor sich gehende grosse Variabilität der Mikroklimata gibt keine Möglichkeit die ausführliche, restlose Aufmessung der zahlreichen Mikro-

klimaräume von grösseren Räumen vorzunehmen. Deshalb schrieb WAGNER eine grosse Bedeutung der ausführlichen Erkenntnis der charakteristischen Typen der Mikroklimaräume und auf Grund der Analogie vorgenommenen Übertragung der beobachteten physikalischen Charakteristiken auf andere Mikroklimaräume zu. Aus diesem Grunde führte er zahlreiche Messungen zur ausführlichen Erkenntnis der typischen Mikroklimaräume (mit verschiedenen Expositionen, Oberflächenform, Pflanzendecke), zur Erschliessung ihrer verschiedenen Erscheinungen (z. B. die Ausbildung der fluktuierenden Dolinnenebel). Seine in den Bükk-Gebirgen ausgeführten Mikroklimamessungen ermöglichten die Auswahl und den Vergleich dieser Typen in verschiedenen Meereshöhen. Dieser rationale Grundsatz der Mikroklimaforschung ist zeitgemäss und kann mit Nutzen angewendet werden.

Die Mikroklimaforschungen Wagners wurden — prinzipiengemäss — durch praktische Zwecke und Aufgaben bestimmt. Eine Gruppe seiner Forschungen war auf die im Rahmen der Erforschung der ökologischen Bedingungen von Pflanzengemeinschaften durchgeführte Untersuchung des Waldklimas und der Mikroräume im Walde gerichtet.

Waldbewirtschaftungszwecken dienten jene Mikroklimamessungen, die in Wäldern, Waldsäumen, Kahlabtrieben durchgeführt wurden. Zahlreiche nützliche und lehrreiche Informationen konnten der Forstkultur zur Verfügung gestellt werden über die Auswirkung des Waldaustriebes, des Waldeswiederpflanzung auf das Mikroklima des Pflanzenbestandes und auch bezüglich der infolge der Waldbewirtschaftungsoperationen erfolgten Abänderung des Mikroklimas hervorgerufenen Rückwirkungen auf den Pflanzenbestand.

Typische Mikroklimamessungen wurden in den Dolinen der Bükkgebirge ausgeführt, und die mikroklimatischen Vorbedingungen der abwechslungsreichen Pflanzengemeinschaft der Dolinen, z. B. des Erscheinens des subalpinen Nardetums (*Nardus stricta*) festgestellt, die dort auftretenden speziellen mikroklimatischen Erscheinungen, die Ausbildung von kalten Luftseen usw. untersucht.

Konkrete landwirtschaftliche Ziele verfolgten die Forschungen an den Reisfeldern, die zur Klärung des Mikroklimas des Reisbestandes führten. Eine ebenfalls praktische Aufgabe wurde im Zusammenhange mit einer der häufig vorkommenden Erkrankungen des Reises, der Bruzone gelöst, nachdem ausführliche Untersuchungen über die mikroklimatischen Bedingungen der Bruzone durchgeführt wurden.

Grundlegende Untersuchungen führte WAGNER über die Wechselwirkung der Überflutung der Reisfelder und des Mikroklimas des Reisbestandes, über die Gestaltung der Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft im Raume des Reisbestandes, sowie über die Temperaturstratifikation des Bodens und über die Fortpflanzung der Wärme im Boden durch.

Ausser in Wäldern und verschiedenen Pflanzenbeständen ausgeführten Mikroklimaforschungen, die in erster Linie landwirtschaftliche und Waldbewirtschaftungszwecke befolgten, haben WAGNER und seine Mitarbeiter eine sehr nützliche Arbeit geleistet zur Erforschung des Arbeitsstelloklimas der verschiedenen Betriebe; der Zweck war die Beschaffung von günstigen Arbeitsbedingungen.

Im Interesse dieser wichtigen, auch aus wissenschaftlichem Standpunkte grundlegenden, und zur gleichen Zeit praktischen Forschungen hat WAGNER in den fünfziger und sechziger Jahren, zuletzt im Herbst des Jahres 1971 mit einigen Spezialisten und begeisterten Universitätshörern mehrwöchige Expeditions-Mikroklimamessungen in den Bükkgebirgen, an den Reisfeldern der Ungarischen Tiefebene, in Wäldern,

Waldeslichtungen, Dolinen und verschiedenen Arbeitsplätzen ausgeführt. Wenn man bedenkt, was die in mustergültiger Weise ausgeführten pädagogischen Aufgaben, die Organisationsarbeit an der Universität, die Aufgaben im Zusammenhange mit der Koordination der Meteorologie in Ungarn, und dabei was die Organisation eines mehrwöchigen Expeditionslagers, die Unterweisung der in den Messungen ungeübten Beobachter, ihre hygienische Versorgung, die Kontrolle der sehr anspruchsvollen Mikroklimamessungen, ihre Bearbeitung und die von Jahr zu Jahr sich meldende, freiwillig übernommene, ein grosses wissenschaftliches Ansehen verleihende, jedoch erschöpfende Arbeit der Publikation bedeutet, dann kann man sich ein Bild von dem fachmännischen Enthusiasmus, Leistungsfähigkeit und hinreissender Persönlichkeit Wagners bilden. Dem letzteren war es zu verdanken, dass es in dem Kreise von WAGNER nie an begeisterten jungen Leuten mangelte und seine Geländemessungen und Expeditionsforschungen nicht bloss von ungarischen Fachleuten und Universitätskollegen, sondern auch von zahlreichen ausländischen Gästen und lernbegierigen Fachleuten besucht wurden.

Die Resultate der Bearbeitungen wurden in der im Jahre 1959 begründeten und von Jahr zu Jahr in der Form einer anspruchsvollen und an Inhalt hochwertigen Zeitschrift, in der von dem Lehrstuhle für Klimatologie in deutscher und englischer Sprache herausgegebenen „*Acta Climatologica*“ publiziert, die einen wertvollen Teil der wissenschaftlichen Veröffentlichung der Universität von Szeged bildete (*Acta Universitatis Szegediensis — Pars Climatologica Scientiarum Naturalium*) und im Laufe der Jahre zu einem auch international anerkannten ausführlich besprochenen und hochgeschätzten Berichterstatte über die Resultate des Lehrstuhles für Klimatologie heranwuchs. In der vom Begründer, RICHARD WAGNER redigierten Zeitschrift fanden ausser den Forschungen des Lehrstuhles auch die Artikel der sich an die Forschungsarbeit anschliessenden ungarischen und ausländischen Kollegen Platz. In dem im Jahre 1970 erschienenen Heft IX (pp. 3—21) wurde von Á. NOVÁK unter dem Titel „Data for History of Meteorological Researches in Szeged“ eine Zusammenfassung der wichtigsten Resultate der in Szeged ausgeführten meteorologischen Forschungen gegeben und zugleich auch ein Bild jener regen und fruchtbaren wissenschaftlichen Atmosphäre entworfen, in welcher, in erster Linie auf die Anregung und unter der Leitung Wagners die wertvollen wissenschaftlichen Werke dieses Szegediner Kollektivs entstanden. Das gegenwärtige Heft der *Acta Climatologica* wurde, als letzte Tätigkeit Wagners, noch von ihm vorbereitet, seine geplante Arbeit, sowie die Redaktion des letzten Nummers 1971 seiner Lieblingszeitschrift konnte er aber nicht mehr beenden. Es ist die Aufgabe seiner Nachfolger, diese wertvolle Publikation der meteorologischen Fachliteratur im Geiste ihres Begründers als einen Verkünder der Arbeit eines internationalen Ruf erlangten ungarischen wissenschaftlichen Zentrums aufrechtzuerhalten.

RICHARD WAGNER war ein Musterbild des bis zu seinem Tode mit ungebrochener Begeisterung arbeitenden Wissenschaftlers. Einige Tage vor seinem Tode hat er noch die Funktion des Vorsitzenden der in Szeged abgehaltenen Tagung der Ungarischen Meteorologischen Gesellschaft versehen, und trotz seiner schweren Krankheit die Vorbereitungsarbeiten der nächstfolgenden sommerlichen Expeditionsmessungen geleitet: diese Tätigkeit wurde aber von seinem Tode unterbrochen.

Seine Freunde und Mitarbeiter, seine zahlreichen Schüler, und Verehrer in Ungarn und im Auslande nehmen mit tiefem und aufrichtigem Schmerz Abschied von RICHARD WAGNER. Sein Lebenswerk, seine Gedanken, seine Liebe zur Wissenschaft und sein menschliches Verhalten bleibt uns für immer ein nie verblassendes

Vorbild und Erinnerung. Seine erfolgreiche wissenschaftliche Laufbahn erinnert uns daran, dass in der anspruchsvollen Welt der modernen Technik, wo der Wissenschaft von der Automatik und der Kibernetik glänzende Perspektiven geöffnet werden, eine obwohl über sehr bescheidenen finanziellen Mitteln verfügende, aber mit Begeisterung, gründlichem fachlichen Wissen und einem Aufwand an menschlichen Qualitäten arbeitende kleine Forschungsgruppe doch imstande ist zur Gesamtwissenschaft mit wertvollen Ergebnissen beizutragen.

LISTE DER WISSENSCHAFTLICHEN PUBLIKATIONEN R. WAGNERS

Astronomische Geographie

A Világegyetem és a Föld (Das Universum und die Erde).
Kókai Nyomda Budapest, 1942. 1—160 p.

Physische Geographie

Kecskemét vízellátása (Die Wasserversorgung der Stadt Kecskemét)
Szegedi Alföldkut. Bizotts. Könyvtára, III. szo. No. 7. 1—7. p. Szeged, 1929.
Hozzászólás Nagy M. és Korpás E. „A talajföldrajzi kutatások módszertana” c. munkához
(Beitrag zu Arbeit von Nagy M. und Korpás E. „Methodologie der bodengeographischen Forschungen“)
Földrajzi Értesítő, 5 (1956), 234. p.

Wirtschaftsgeographie

A Kecskeméti Gazdasági Vasút (Die Wirtschaftseisenbahn in Kecskemét)
Föld és Ember (1928), 151—152. p.
Az alföldi települések földrajzi életritmusa (Der Lebensrythmus der Siedlungen an der Ungarischen Tiefebene)
Tiszatáj I (1947), 8. p.
Az éghajlat hatása az Alföld településeire (Die Auswirkung des Klimas auf die Siedlungen an der Ungarischen Tiefebene)
Az Alföldi Tud. Kut. Int. Évk. III. 1948/49. Alföldi Tud. Gyűjtemény No. 1. 1—8. p.

Kartographie

A Földgömb ábrázolása (Darstellung des Erdkugels)
Szeged, 1939. 1—40. p.
A földgömb és használata (Der Globus und sein Gebrauch)
Budapest, 1941. 1—80. p.

Geographische Landschaftstheorie

A táj és a légkör (Die Landschaft und die Atmosphäre)
Időjárás, 57 (1953). 198—207. p.
A táj fogalma (Der Begriff der Landschaft)
Földrajzi Közlemények, 80 (1956). 335—354. p.
Der Begriff der Landschaft
Acta Univ. Szegediensis. Pars Geogr. Sc. Nat. Acta Geogr. Tom. 2. Fasc. 1—4. Szeged, 1956. 3—20. p.
Válasz Wagner R. „A táj fogalma” c. tanulmányához adott kérdésekre (Antwort auf die im Zusammenhange mit dem Werk R. Wagners über „Dem Begriff der Landschaft” gestellten Fragen)
Földrajzi Közlemények, 81 (1957). 89—90. p.

Grundfragen der Klimatologie

Mi közünk az éghajlathoz (Unsere Bezüge zum Klima)

Időjárás, 53 (1949). 325—327. p.

Az éghajlat fogalmáról (Über dem Begriff des Klimas)

Időjárás, 59 (1955). 42—44. p.

Klimamonographien

Kecskemét időjárása 1809—1814-ig (Das Wetter der Stadt Kecskemét von 1809 bis 1814)

Időjárás, 34 (1930). 169—172. p., 206—207. p.

Időjárás, 35 (1931). 36. p.

A Magyar Alföld szélviszonyai (Die Windverhältnisse der Ungarischen Tiefebene)

Szegedi Alföldkut. Biz. Könyvtára, III. sz. No. 9. Szeged, 1931. 1—34. p.

Szeged időjárása (Das Wetter von Szeged)

F. J. Tud. Egyetem Tud. Közl. a földrajz és történettud. köréből. Szeged, 1933. 88. p.

A Körösök és a Maros csapadékvizszoynai (Niederschlagsverhältnisse der Flüsse der Körös und Maros)

F. J. Tud. Egyetem Tud. Közl. a földrajz és történettud. köréből. Szeged, 1943. 111. p.

Mikroklimatologie, Forst- und Agrarmeteorologie

Komplexhőmérséklet (Die komplexe Temperatur)

Időjárás, 58 (1954). 72—77. p.

Mikroklímakutatás (Die Mikroklímaforschung)

Természet és Társadalom, 1954. 158—160. p.

Fluktuáló töbörköd (Fluktuierender Dolinennebel)

Időjárás, 58 (1954). 289—298. p.

Különböző ökológiai viszonyú területek mikroklíma mérési módszerei (Mikroklíma-Messungsmethoden von Territorien mit verschiedenen ökologischen Gegebenheiten)

Időjárás, 59 (1955). 165—170. p.

A mikroklímák földrajzi elrendeződése Hosszúbércen (Die geographische Anordnung der Mikroklimate auf dem Hosszúbérc)

OMI Tud. Beszámoló 1955. Budapest, 1955. 194—211. p.

A mikroklíma fogalma és kutatási módszere a természetföldrajzi kutatásokban (Der Begriff und Forschungsmethode des Mikroklíma in den geographischen Forschungen)

Földrajzi Értesítő, 4 (1955). 465—475. p.

Die geographische Anordnung der Mikroklimate auf dem Hosszúbérc Berg im Bükkgebirge
Acta Geographica. Szeged, 1955. 27—43. p.

Adatok a Délkelet-Alföld mikroklímájához (Angaben zum Mikroklíma des südwestlichen Teiles der Ungarischen Tiefebene)

Földrajzi Értesítő, 5 (1956) 135—160. p.

Mikroklímaterületek és térképezésük (Mikroklímaräume und ihre Kartierung)

Földrajzi Közlemények, 80 (1956). 201—212. p.

Mikroklíma

MMT II. Orvosmet. Tanf. Budapest, 1956. 31—37. p.

Válaszok a Wagner R. „A mikroklíma fogalma és módszere a természetföldrajzi kutatásokban” c. munkájához történt hozzászólásokra (Bemerkungen zu den im Zusammenhange mit dem Werk R. Wagners über „Dem Begriff und Methode des Mikroklímas in den geographischen Forschungen” gestellten Fragen)

Földrajzi Értesítő, 5 (1956). 93. p.

Az erdő klímájáról (Über dem Klíma des Waldes)

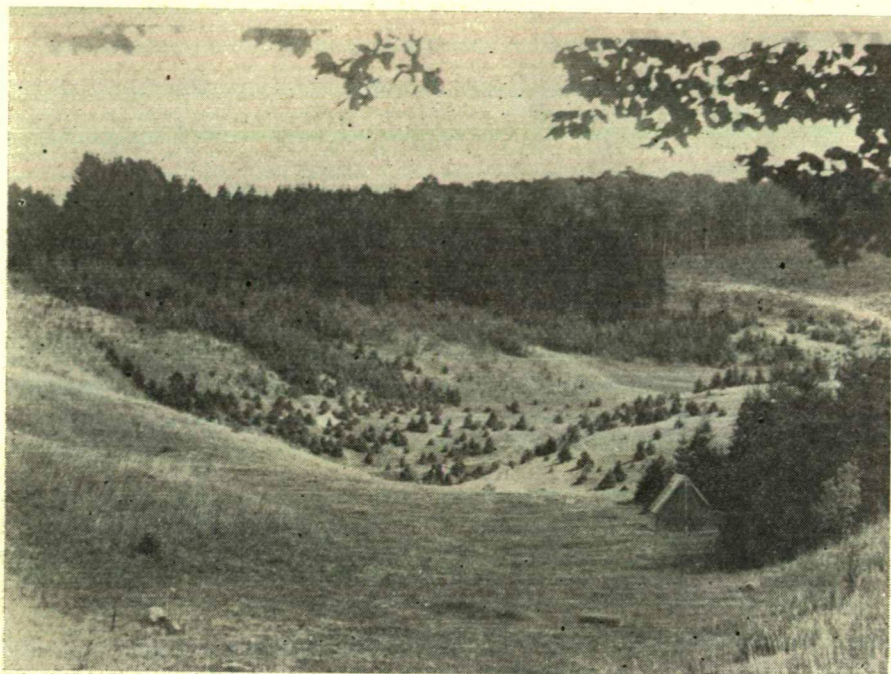
Időjárás, 61 (1957). 117—125. p.

Adatok a kopáncsi rizsföldek éghajlatához (Angaben zum Klíma der Reisfelder in Kopáncs)

Időjárás, 61 (1957). 266—277. p.

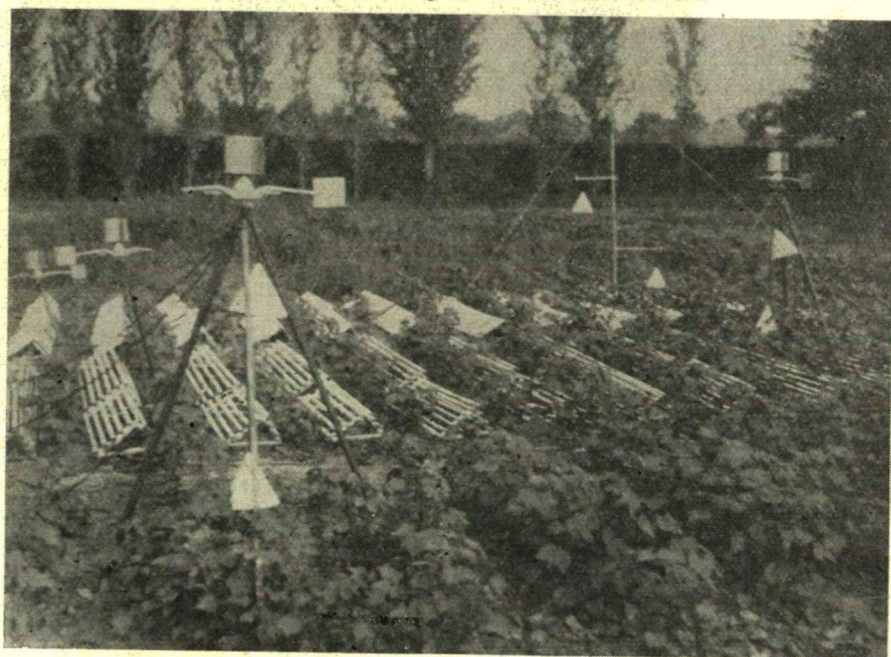
A mikroklíma hatása a rizs megbetegedésére (Die Auswirkung des Mikroklímas auf die Erkrankung des Reises)

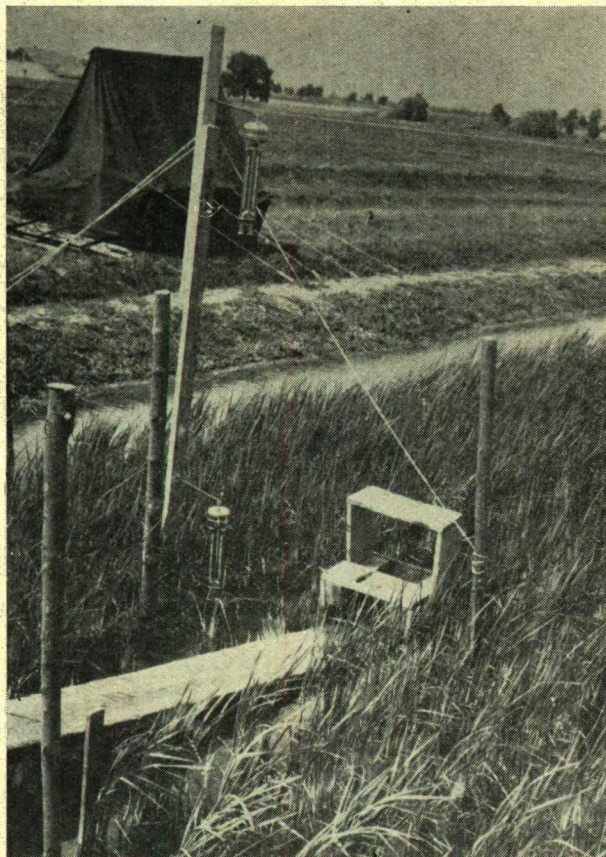
MTA Agrártud. O. Közl. 14 (1958). 234—242. p.



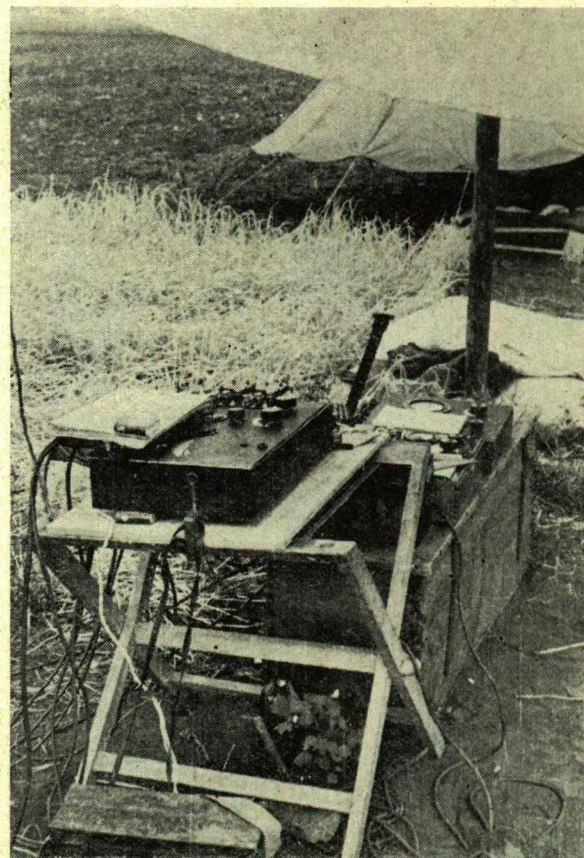
*Doline auf dem Bükk-Hochplateau. Eine der Mikroklimaforschungsstellen
von Richard Wagner*

Versuch für Veränderung der Mikroklimaverhältnisse

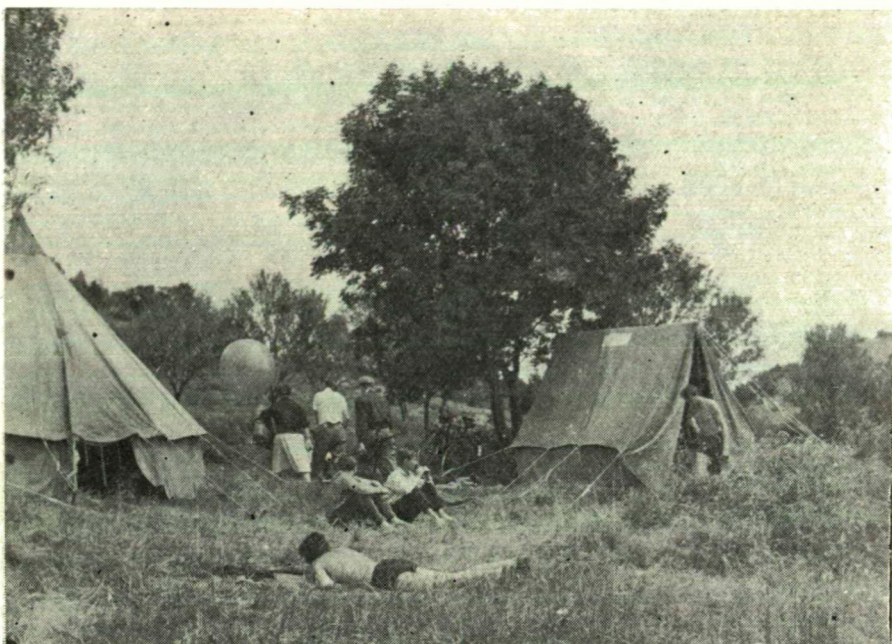




Eine Forschungsstelle auf dem Reisfeld



*Die Ablesevorrichtung der ersten Widerstandsthermo-
meterserie von Richard Wagner*



Ein Bild aus dem Lagerleben der Studenten auf dem Gelände

A mikroklima alakulásának és a bruzone fellépésének összefüggései (Zusammenhänge zwischen der Gestaltung des Mikroklimas und dem Vorkommen der Bruzone)

MTA Agrártud. O. Közl. 18 (1963). 226—231. p.

Angaben zum Mikroklima von drei Werkstätten in Szeged

Acta Climat. Szeged, 1959. 73—90. p.

Angaben zum Mikroklima der Reisfelder in Kopáncs

Acta Climat. Szeged, 1959. 3—27. p.

Egy bükki töbör felmelegedése és lehülése (Erwärmung und Abkühlung einer Doline in den Bükkgebirgen)

MTA Agrártud. O. Közl. 18 (1962). 226—231. p.

Klimatényezők a mező- és erdőgazdaságban (Klimafaktoren in der Land- und Forstwirtschaft)

Medicina. Budapest, 1963. 130—140. p.

Der Tagesgang der Lufttemperatur einer Doline im Bükk-Gebirge

Acta Climat. Szeged, 1963. 49—79. p.

A Szegedi Textilművek klimatizált munkatermének bioklimatológiai vizsgálata (Bioklimatologische Untersuchung des klimatisierten Arbeitsraumes der Textilwerke in Szeged)

MTESZ Évk. Szeged, 1964. 329—337. p.

Lufttemperaturmessungen in einer Doline des Bükk-Gebirges

Zs. für Angewandte Met. 5 (1964). 92—99. p.

Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs I.

Acta Climat. Szeged, 1965. 3—81. p.

Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs II.

Acta Climat. Szeged, 1966. 3—51. p.

Az árasztás és a növényállomány hatása a mikroklimára (Die Auswirkung der Durchflutung und des Pflanzenbestandes auf das Mikroklima)

Akad. doktori diss. Szeged, 1966. 1—220. p.

Temperaturzonen des Bodens

Acta Climat. Szeged, 1967. 3—15. p.

Tagesgang der Temperatur an Bergwiesen und in Wäldern

Acta Climat. Szeged, 1969. 33—66. p.

Kalte Luftseen in den Dolinen

Acta Climat. Szeged, 1970. 23—32. p.

Flugmeteorologie

A repülés éghajlati adottságai a Földön (Die klimatischen Bedingungen der Aviation auf der Erde)

Időjárás, 56 (1952). 55—66. p.

A repülés földrajzi szempontjai (Die geographischen Aspekte der Luftfahrt)

Földrajzi Értesítő, 1 (1952). 804—834. p.

Synoptische Meteorologie

A ciklonok útvonalai (Die Zyklonenbahnen)

Buvár. Budapest, 1937. 617—619. p.

Unterricht

A szél szerepe az Alföld gázvédelmében (Die Rolle des Windes im Gasschutze der Ungarischen Tiefebene)

Földrajzi Szeminárium. Szeged, 1935/36. 1—12. p.

Gyakorlatok a csillagászati földrajzhoz (Übungen zur astronomischen Geographie)

Szeged, 1931. 1—56. p.

Árnyék (Der Schatten)

Földrajzi Szeminárium. Szeged, 1935/36. 80—90. p.

Időjárásforduló Gyertyaszentelőkor (Wende in der Witterung zu Mariä Lichtmess)

Földrajzi Szeminárium. Szeged, 1935/36. 111—113. p.

Barométeres minimumok Európában (Tiefdruckgebiete in Europa)
Földrajzi Szeminárium. Szeged, 1935/36. 143—145. p.
Földgömbgyakorlatok (Übungen mit dem Globus)
Budapest, 1941. 1—80. p.
A földrajz tárgya (Gegenstand der Geographie)
Szeged, 1949. 1—60. p.
Légkörtan és klimatológia (Meteorologie und Klimatologie)
Budapest, 1951. 1—110. p.
Éghajlattan (Berényi D., Dobosi Z., Wagner R.) — (Klimatologia)
Budapest, 1968. 3—30, 53—93. p.

Dem unermüdlichen Erforscher des Karpatenklimas Professor Richard Wagner in dankbarer Erinnerung gewidmet

BEITRAG ZUR METHODE DER AUSSONDERUNG MESO- UND MIKROKLIMATISCHER EINHEITEN IN GEBIRGEN

VON

BARBARA OBREBSKA-STARKEL

Summary: (*Contribution to the Method of Distinguishing Meso- and Microclimatic Units in Mountains Regions.*) On the basis of her own investigations and various publications concerning the differentiation of typical units of the meso- and microclimatic conditions the author tries to determine the usefulness of the different chief indicators for this purpose. She concentrates her attention on the possibility of using the length of the frost-free period, the mean minimal temperatures and the mean diurnal variation of the temperature for the purposes of mesoclimatic typology. For a simultaneous representation of the meso- and microclimatic conditions in the Carpathians the most suitable criterion is the mean diurnal variation of the temperature of longer or shorter research periods.

Zusammenfassung: Auf Grund eigener Forschungen und verschiedener Publikationen über die Methoden der Aussonderung typologischer Einheiten der meso- und mikroklimatischen Verhältnissen, bemüht sich Verfasserin, die Anwendbarkeit der einzelnen Leitindikatoren für diese Zwecke zu bestimmen. Sie konzentriert ihre Aufmerksamkeit auf der Möglichkeit einer Anwendung der Dauer der frostfreien Periode, der mittleren Minimaltemperaturen und der mittleren Tagesamplitude der Temperatur, welche sich als nützlich für Zwecke der mesoklimatischen Typologie erweisen. Bei gleichzeitiger Darstellung der meso- und mikroklimatischen Verhältnisse im Karpatengebiet ist die mittlere, sowohl aus längeren wie auch kürzeren Forschungsperioden stammende Tagesamplitude das günstigste Kriterium.

1. Erörterung des Problems

Das — immerfort lebendige und aktuelle — Problem der Differenzierung der meso- und mikroklimatischen Verhältnisse in Gebirgsgeländen unter Anwendung verschiedenartiger Methoden wurde von vielen Forschern bearbeitet. Das Problem der Klimacharakteristik kleinerer Gebirgsgelände (z. B. einzelner Gebirgsketten) wurde auch in Polen im Laufe der letzten Jahrzehnte in Angriff genommen. Die Arbeiten behandelten aber zumeist nur die einzelnen Klimaelemente und beruhten manchmal — vornehmlich was die Charakteristik der mikroklimatischen Verhältnisse betrifft — auf kurzen Maßreihen.

Erst in den letzten Jahren veröffentlichte M. HESS eine Reihe von Arbeiten (7, 8, 9, 10, 11), in welchen er die wesentlichen Merkmale des Mesoklimas in den Klimastufen der Polnischen Westkarpaten darstellte und das Vorhandensein von Wechselbeziehungen zwischen der mittleren Jahrestemperatur und einer Reihe von Klimaelementen und Klimaindikatoren nachwies. Er wies auch den engen Zusammenhang des Mikroklimas mit der Lage in der gegebenen Klimastufe nach (12).

Ein weiterer Schritt zur Lösung dieser, die einzelnen Stufen betreffenden Problematik waren die in der Anstalt für Klimatologie der Jagellonischen Universität unter der Leitung von Prof. Dr. habil. M. HESS in den für die Grundtypen des Reliefs repräsentativen Gebieten, also in Mittelgebirgen (20, 21) und im Hügelland (17, 18) ausgeführten meso- und mikroklimatischen Forschungen.

In diesen Arbeiten wurden weitere Abgrenzungskriterien des Meso- und Mikroklimas angenommen. Auf die Differenzierung der mesoklimatischen Verhältnisse haben die großen Reliefformen (Täler, Kessel, Bergrücken) Einfluß, während der Charakter des Untergrundes (die Hangexposition, die Verteilung der Pflanzengesellschaften) die mikroklimatischen Verhältnisse, also die Gesamtheit der Elemente in der bodennahen Luftschicht kleiner Gebiete bedingt.

In den Arbeiten, welche die unter dem Einfluß des Reliefs bleibende Differenzierung der klimatischen Verhältnisse im Auge haben, ist das Entstehen von Lufttemperaturinversionen in Konkavformen (1, 5, 13, 23, 35, 26, 18) ein Grundproblem. Während der Nachtzeit nämlich steht die Verteilung der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit im Vertikalschnitt mit der relativen Höhe über dem Tal- oder Kesselboden (18) und der Gestaltung der Geländeformen (13) im Zusammenhang. Deshalb können bei der Aussonderung typologischer mesoklimatischer Einheiten folgende Faktoren als Leitindikatoren dienen: die Minimaltemperatur, die Anzahl der Tage mit Nachtfrost, Daten über den Anfang und das Ende der Nachtfroste, Dauer der frostfreien Perioden (10, 11, 12, 17, 18) und die Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur während der Nacht (20, 21, 18). Auf den Wert dieser Indikatoren hat die Hangexposition und die Seehöhe schwächeren Einfluß. Sie ermöglichen also den Einflußbereich der Mesoklimatypen zu bestimmen.

Bei der Wahl der Kriterien für Zwecke der mesoklimatischen Typologie darf nicht übersehen werden, daß die Heranziehung der Tagesamplitude der Lufttemperatur von Nutzen ist. In einem, gemeinsam mit T. NIEDZWIEDŹ bearbeiteten Artikel, in welchem wir die Resultate früherer, in verschiedenen Relieftypen durchgeführten Forschungen ausbeuteten (17, 18, 20, 21), haben wir darauf aufmerksam gemacht. Wir haben nämlich nachgewiesen, daß die Inversionsschichtung der Lufttemperatur in Hügelland- und Bergtälern im hohen Maße auch auf die Tagestemperaturschwankungen Einfluß hat.

Bei der eingehenden Darstellung der Charakteristik der mikroklimatischen Verhältnisse in Mittelgebirgen (21) habe ich die Einsicht gewonnen, daß man ihre Typologie auf Grund des Tagesverlaufes der Lufttemperatur durchführen kann, welcher den Einfluß der Exposition und der Pflanzendecke widerspiegelt. Zu diesem Zwecke nutzte ich die Raumdifferenzierung der Wertunterschiede der mittleren Tages- und Nachttemperaturen sowie die Amplitude der Tagestemperatur aus.

In Anbetracht der oben angeführten Tatsachen kann, meiner Ansicht nach, dieses letzte Kennzeichen eine gemeinsame Plattform bei der Aussonderung sowohl der meso- wie auch mikroklimatischer Einheiten bilden. Ich werde mich bemühen, dieses Problem durch Anführung von Forschungsergebnissen, die im dritten (außer den oben erwähnten) repräsentativen, an der Grenze des Vorgebirges und der Beskiden gelegenen Gebiet geführt wurden, zu schildern.

2. Charakteristik der Forschungsgebiete

Grundlage zur Bestimmung der Typologie und der Regionalisierung der meso- und mikroklimatischen Verhältnisse des Grenzgebietes zwischen den Beskiden und dem Vorgebirge war die Bearbeitung der Klimacharakteristik der Umgebung von Szymbark, welche die Verfasserin im Rahmen der durch die Agrarkommission des Komitees für Räumliche Bewirtschaftung des Landes (22) ausgeführt hat. Als Quellenmaterial, auf welchem die Forschungen fußen, dienten die von der

Wissenschaftlichen Forschungsstation des Geographischen Instituts der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Szymbark geführten stationären Observationen sowie mikroklimatische Messungen, die unter der Leitung des Instituts für Klimatologie der Jagellonischen Universität während Geländeforschungen ausgeführt wurden.

Das Forschungsgebiet umfaßte folgende physisch-geographische Einheiten (nach A. KOTARBA (14)):

1. das an die Schwelle der Niederen Beskiden grenzende Vorgebirgs-Einflußgebiet der Bystrzanka, von einer Durchschnittshöhe von 300—500 m ü. d. M.,
2. das fast gänzlich in den Niederen Beskiden liegende Einflußgebiet der Bielanka (300—600 m Seehöhe). Es zeichnet sich in seinem Oberlauf durch eine kesselartige Verbreiterung aus, die durch einen Durchbruchsabschnitt abgeschlossen ist,
3. das Ropatal in seinem SW—NE—Verlauf (der Talboden liegt 300—350 m ü. d. M.) an der Beskidenmündung, welches die 600—740 m hohen Ketten durchbricht. Die Berghänge sind in dieser Region durch ungewöhnlich zahlreiche Berg-rutsche gekennzeichnet.

Der mittlere Bewaldungsgrad der Gemeinde beträgt 55%. Waldungen treten auf steileren Hängen auf und bedecken auch Rückenpartien. Das Vorgebirgseinflußgebiet der Bystrzanka, der weitgrößte Teil des Bielanka- „Kesselchens“ sowie vor allem die südlich exponierten Talhänge der Ropa sind landwirtschaftlich ausgebeutet.

Im Lichte der von M. HESS (7) angeführten Charakteristik der Klimastufen der Polnischen Westkarpaten, liegt die Szymbark-Region in der gemäßigt warmen Stufe (mittlere Jahrestemperatur von $+8$ bis $+6^{\circ}$), wobei die Rückenpartien der Beskiden im Übergangsgebiet der gemäßigt kühlen Stufe liegen.

Eine Analyse der aus der Station des Staatlichen Hydro-Meteorologischen Instituts stammenden, in der unmittelbaren Umgebung von Szymbark geführten zehnjährigen Observationsreihe (1954—1963) beweist, daß sich diese Region von anderen Teilen der Westkarpaten durch gewisse Besonderheiten unterscheidet.

Da sie in der Verlängerung der Quersenke der Niederen Beskiden, in der Achse des Karpatenbogens (Duklapaß, 502 m Seehöhe) liegt, zeichnet sie sich durch ein hohes Mittel der Jahres-Wind-Geschwindigkeit (über 3 m/sec) und verhältnismäßig häufig auftretende starke Winde (über 10 m/sec.) und sehr starke Winde (über 15 m/sec.) aus. Zwischen November und April treten hier oft aus dem südlichen Quadrant föhnartige Winde auf.

Eine deutliche Zweiteiligkeit des Gebietes zwischen der Vorgebirgsregion und den Niederen Beskiden ist leicht festzustellen. Die erste ist wärmer (mittlere Jahrestemperatur 7,0—7,50) und liegt im Regenschatten (die Summe der Niederschläge ist um 100 mm niedriger als diejenige in anderen Teilen der Karpaten auf derselben Seehöhe und zeichnet sich durch eine sehr geringe Anzahl von Regentagen aus, der geringsten in den Polnischen Karpaten.

Für die Niederen Beskiden, welche den Typus eines niedrigen Gebirges repräsentieren, sind scharfe Kontraste zwischen dem Mesoklima der Hänge und Berg-rücken und den Talsohlen kennzeichnend. In den letzteren herrschen strenge thermische Verhältnisse (die mittlere Jahrestemperatur schwankt zwischen 6,0 bis 5,5°, die frostfreie Periode ist um einen Monat kürzer als auf derselben Seehöhe in anderen Berggruppen. Oberhalb von 400 m ü. d. M. tritt eine strenge Winterperiode ein (mit einer mittleren Tagestemperatur unterhalb -5°), welche 30—40 Tage andauert, die in den Rückenpartien der Niederen Beskiden erst bei etwa 900 m auftritt. Die Meridionaltäler der Beskiden steuern den Luftstrom und sind stark durchlüftet.

Forschungsmethoden

Das Netz der mesoklimatischen Messungen umfaßte 6 Stationen, wo die Temperaturen und die Luftfeuchtigkeit fortlaufend registriert wurden sowie 4 Vermessungsposten für die Extremtemperaturen. Das Netz berücksichtigte die Unterschiedlichkeit des Reliefs sowie die Art der Bodennutznießung und die Standorte waren an den charakteristischen Querschnitten in allen drei physisch-geographischen Einheiten lokalisiert. Die Observationen dauerten anderthalb Jahre, vom Juli 1968 bis Dezember 1969 und die Resultate wurden mit den Resultaten der Hauptstation im Ropa-Tal (302 m ü. d. M.) verglichen.

In den nächsten Sommersaisons 1968—1970 hat die Anstalt für Klimatologie des Geographischen Instituts der Jagellonischen Universität auf ausgewählten Profilen in Szymbark eine längere Serie mikroklimatischer Messungen durchgeführt, um die durch die große Verschiedenartigkeit des Untergrundes verursachte Veränderlichkeit der mikroklimatischen Verhältnisse zu erfassen und die Grenzen der einzelnen typologischen Einheiten zu bestimmen. Auf diese Weise bemühte man sich, von Zeit zu Zeit das Netz der Observationsposten in den durchforschten Querschnitten vom Talboden an, über die Terrassen und Hänge bis zu den Gipfelpartien zu verdichten.

Außer den klimatologischen Materialien wurden für die Typologie und bei der Regionalisierung des Meso- und Mikroklimas sowie bei der Anfertigung einer genauen Karte dieser Verhältnisse folgende Arbeiten ausgebeutet:

1. die geomorphologische Charakteristik (14), die hydrographische Charakteristik (16), diejenige der Pflanzengesellschaften (24) und des Bodens (2),
2. Fliegeraufnahmen,
3. eine Karte der Bodennutznießung (5) und
4. Kartierung des Schwindens der Schneedecke während Tauwetter.

Tagesamplitude der Lufttemperatur als Kriterium der Typologie der meso- und mikroklimatischen Verhältnisse

Die durch andere Elemente der geographischen Umwelt und durch Klimafaktoren hervorgerufenen Wechsel der klimatischen Verhältnisse verlaufen ununterbrochen, und die Grenzen der einzelnen Einheiten sind nicht stabil; sie nehmen verschiedene Größen der Übergangszonen an. Aus diesem Grunde hat man während der Regionalisierungsarbeiten Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Bereiche, die in die Karten mittels Linien eingetragen werden müssen.

Bei der Typologie der mesoklimatischen Verhältnisse sind Diagramme der Veränderungen im Höhenprofil der vorher erwähnten Indikatoren, welche die Gestaltung der thermischen Verhältnisse während der Nachtzeit betreffen, behilflich. Ein Vergleich der Kurven der Wertabweichungen einiger dieser Indikatoren mit den Gegebenheiten des Talbodens, u. zw.: der Dauer der frostfreien Periode, der mittleren minimalen Jahrestemperatur und der ausgewählten Monate (Abb. 1) beweist, daß der größte Veränderungsgradient der Wärmeverhältnisse dem Talboden und den unteren Hangpartien zufällt. Mit der Höhenzunahme verringern sich die Werte dieser Gradienten auffallend. Deshalb haben wir gemeinsam mit T. NIEDZWIEDŹ vorgeschlagen (19), das Gebiet der Talsohlen und der unteren Hangpartien, welches

mit dem angenommenen Wert $\frac{2}{3} \Delta t_{\min}^*$ bezeichnet ist, als den oberen Bereich des mesoklimatischen Typs der Talsenken mit den größten Feuchtigkeits- und Wärmegradienten anzusehen.

Einen ähnlichen Charakter der Veränderungen im Höhenprofil des gegebenen Geländes weisen die Tagesamplituden auf, u. zw.: das Jahresmittel und das Mittel ausgewählter Monate, in denen günstige Bedingungen für das Auftreten von Lufttemperatur-Inversionen vorherrschten (Abb. 2). Der größte Veränderungsgradient dieser Amplituden entfällt auf das Vorgebirge und das niedrige Gebirge von den Talböden bis zu einer relativen Höhe von 40–60 m. Diese Höhe entspricht dem

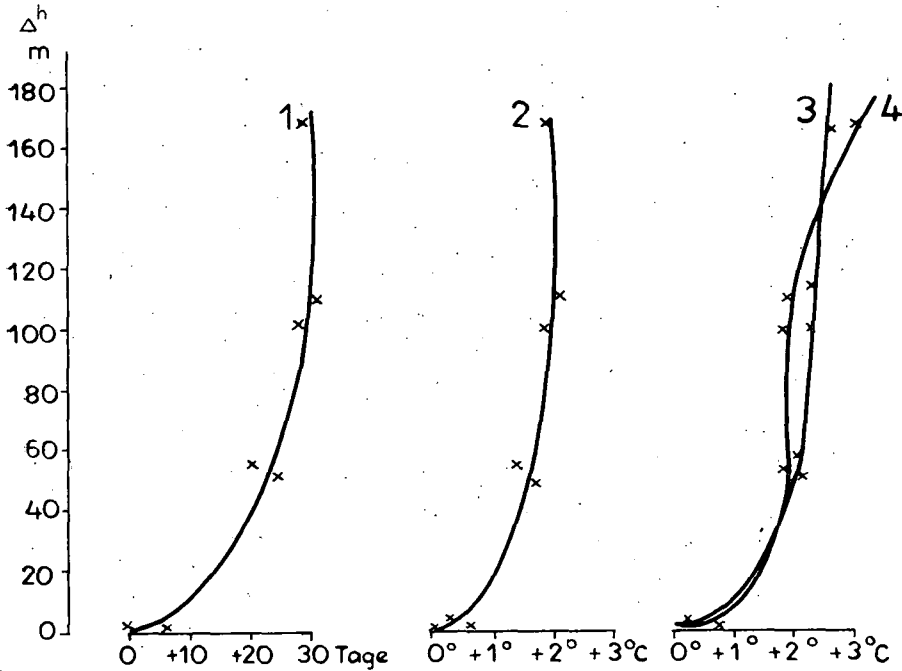


Abb. 1. Die Abhängigkeit der mittleren frostfreien Zeitdauer (1), der mittlere minimalen Lufttemperatur des Jahres (2), im Mai 1969 (3) und im September 1969 (4) von der Höhe über dem Talboden der Ropa (Δh).

Anmerkung: Die Werten auf der Abszisse repräsentieren die Abweichungen der einzelnen Indikatoren von den Daten der Hauptstation im Ropa-Tal.

Bereich des oben ausgesonderten Typs der mesoklimatischen Verhältnisse in den Talsenken. Somit ist die Tatsache bestätigt, daß die Tagesamplitude als gleichwertiges Kriterium bei der Typisierung des Klimas in der Mesoskala angewendet werden kann.

Oberhalb dieser so definierten oberen Grenze des Mesoklimas in den Talsenken, kann man das Mesoklima der wärmeren und trockneren Hangpartien und der niedrigen Bergrücken des Vorgebirges unterscheiden, welches den aus der Litera-

* Δt_{\min} ist der Unterschied zwischen der Minimaltemperatur am Talboden und derjenigen an der oberen Grenze der Lufttemperaturinversion.

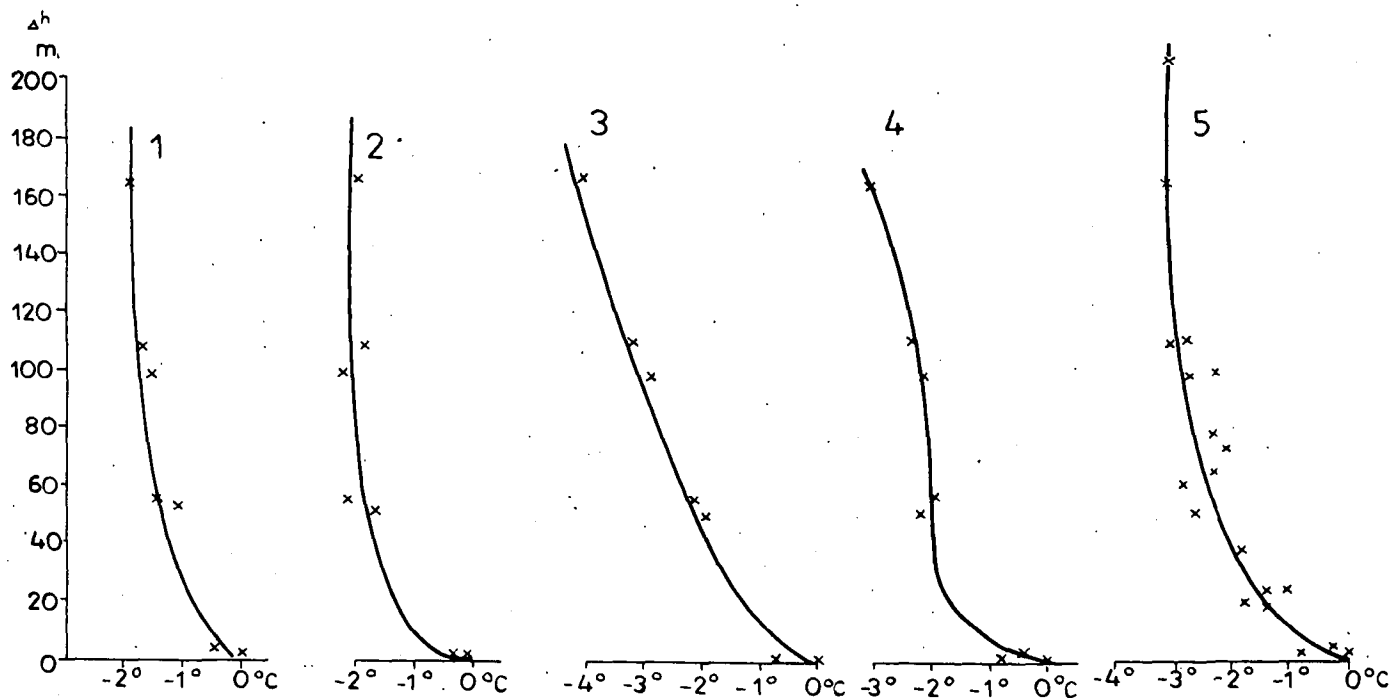
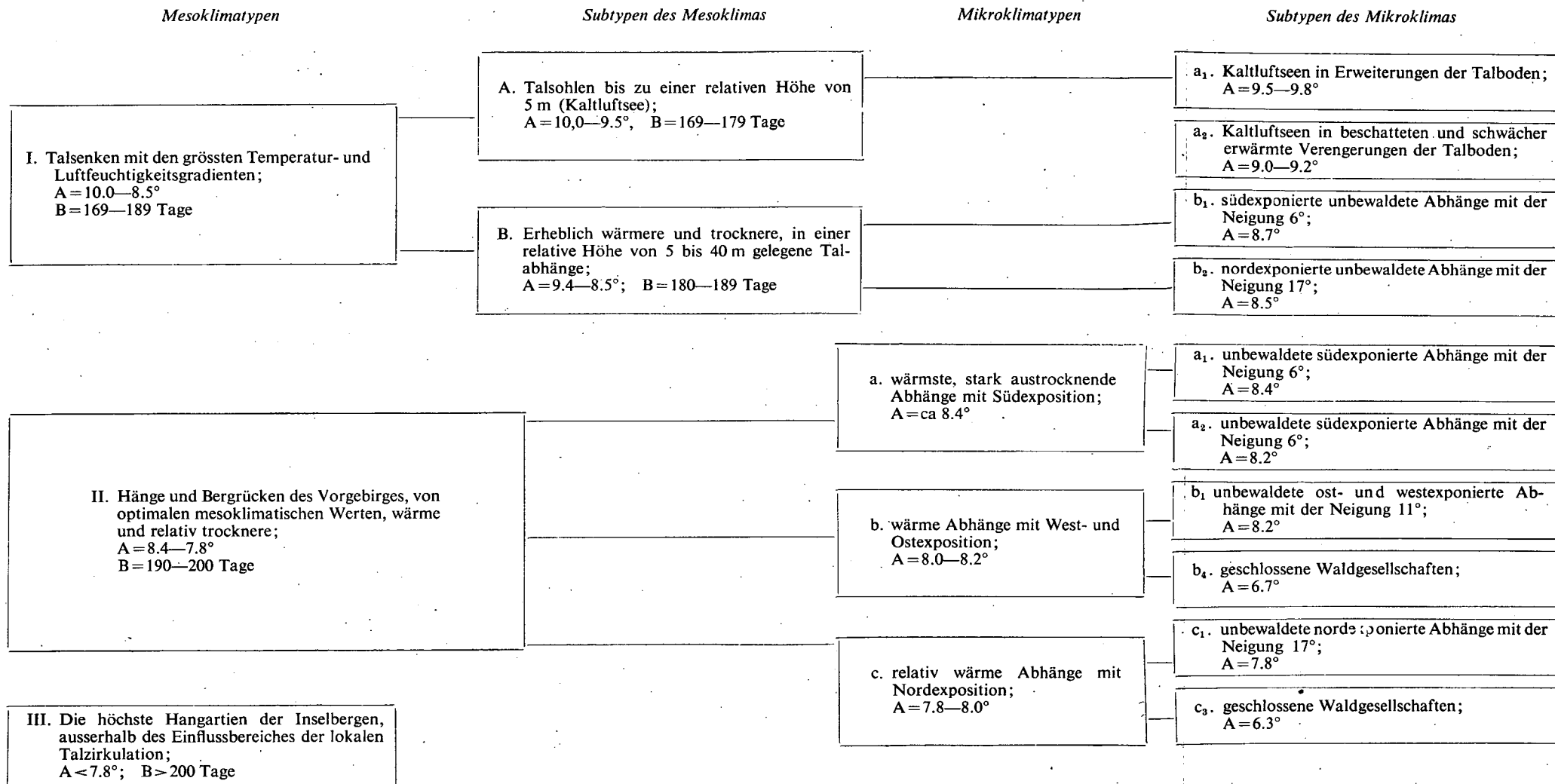


Abb. 2. Die Abhängigkeit der mittleren jährlichen Tagesamplitude der Lufttemperatur im 1969 (1) und mittleren monatlichen Tagesamplituden im Januar (2), September (3), Mai (4) und im Zeitraum von den 3. bis 11. Juli 1968 (5) von den relativen Höhe über dem Talboden der Ropa (Δh).

Anmerkung: Die Werten auf der Abszisse repräsentieren die Abweichungen der einzelnen Indikatoren von den Daten der Hauptstation im Ropa-Tal.

Tab. 1.

Struktur der typologischen Einheiten des Meso- und Mikroklimas im Grenzgebiet zwischen dem Vorgebirge und den Niederen Beskiden



Erklärungen: A=mittlere jährliche Lufttemperaturamplitude; B=Dauer der frostfreien Zeit

Anmerkung: Die in der Tabelle angeführten Daten über die mikroklimatischen Verhältnisse, sind nur aus dem besessenen Material ausgewählte Beispiele.

tur bekannten Eigenschaften der „warmen Hangzone“ entspricht. In dem untersuchten Gebiet treten bis zu einer Höhe von 250 m über dem Boden des Ropats kleine, vertikale Gradienten der Tagesamplitude der Lufttemperatur auf, die als das Mittel einer längeren Periode berechnet wurden und aus kurzen, mikroklimatischen, während herrschendem Strahlungswetter durchgeführten Meßreihen resultieren (Abb. 2; 20, 21).

Die am höchsten gelegenen, oberen Hangpartien der Niederen Beskiden, welche die Buckeln des Vorgebirges überragen, ordne ich — auf Grund der auf anderen Forschungsgebieten gesammelten Erfahrungen und der Resultate der mikroklimatischen Forschungen in Szymbark — einem anderen Mesoklimatyp zu. Sie befinden sich außerhalb des Einflußbereiches der örtlichen Innentalzirkulation, weisen Änderungen der Lufttemperatur je nach der Seehöhe auf, und sind gewöhnlich kühler als die Talsohlen und Hänge, aber die Tagesamplituden der Temperatur können hier niedriger sein, als die der anderen zwei Mesoklimatypen. In Szymbark liegt diese Einheit an der Grenze zwischen den Klimastufen, d.h. der gemäßigt warmen und der gemäßigt kühlen Stufe.

Weitere Strukturglieder der meso- und mikroklimatischen Differenzierung des besprochenen Gebietes bringt die Tab. 1. Bei Aussonderung der mesoklimatischen Typen führe ich vergleichsweise neben den Mittelwerten der jährlichen Tagestemperaturen auch die Dauer der frostfreien Periode an. An Hand der ersten dieser Indikatoren, die als Kriterium des Verlaufes des Tagestemperatur der Luft dienen, sondere ich im ersten Mesoklimatyp zwei Subtypen aus, die unter dem Einfluß der Relief-formen bleiben, u. zw. die kontraststarken Talsohlen, mit den größten Tagesschwankungen der Temperatur und die unteren Hangpartien bis zu einer Höhe von 40 m. Im Bereich des letztgenannten Subtyps gestalten sich die Wärmeverhältnisse umso günstiger, je größer die Entfernung vom Fuß der Berge ist.

Die Differenzierung der Mikroklimatypen im untersuchten Gelände ist durch die Exposition bedingt und betrifft diejenigen Hänge, an welchen mesoklimatische Verhältnisse herrschen und die genetisch mit dem Vorhandensein einer warmen Zone am Hang (Typ II) verbunden sind. Beim Übergang auf tiefere Niveaus der typologischen Struktur spielen folgende Faktoren eine Rolle: die Pflanzendecke (Waldungen und offenes Gelände, kleine Reliefformen (Nischen im Abrutschgeröll, Erweiterungen resp. Verengerungen der Talsohlen) und die Neigung verschieden exponierter Hänge, die für die Menge der Sonnenbestrahlung ausschlaggebend ist.

Die Anwendbarkeit der Tagesamplitude der Lufttemperatur bei diesem Grad der Aussonderung können folgende Beispiele beweisen (Tab. 2).

Bei der Darstellung der charakteristischen Eigenschaften der mikroklimatischen Verhältnisse der verschiedenartig exponierten Hänge oder der Waldgesellschaften von Szymbark sowie der benachbarten Wiesen habe ich festgestellt, daß sowohl die mittlere Minimaltemperatur wie auch die Dauer der frostfreien Periode bei der Grenzziehung der Typen und Subtypen des Klimas in der Mikroskala nicht ausgenützt werden können. Im Gegensatz zu ihnen ist die für ein Jahr, einen Monat oder auch für eine kürzere Zeitspanne berechnete Tagesamplitude der Lufttemperatur ein gutes Kriterium. Auf ihre Werte nämlich haben in gleichem Maße die von der Hangexposition, der Breite der Talform, der Art der Waldgesellschaften und von anderen Faktoren abhängigen Temperaturmaxima, wie auch die mit der Luftschichtung während der Nacht in verschiedenartig gestaltetem Gelände verbundenen Temperaturminima, Einfluß.

Was die Mikroklimatypen anbelangt, so treten bei der gleichen Dauer der

Tab. 2

Vergleich der Dauer der frostfreien Periode, der mittleren, minimalen Jahrestemperatur und der mittleren monatlichen Tagesamplituden der Lufttemperatur an Standorten, die andersartige Typen und Subtypen des Mikroklimas repräsentieren

Station	Relative Höhe über die Talsohle (m)	Exposition	Dauer der frostfreien Zeit (Tage)	Mittlere minimale Jahrestemperatur (°C)	Jahr 1968			Mittlere monatliche Lufttemperaturamp- litude (°C) Jahr 1969					
					VII	IX	XII	II	IV	VI	X	XI	
1. Wiatrówki	55	NE	192	3.0	9.7	7.7	4.6	4.9	9.3	8.0	8.3	6.3	
2. Techn. Rohn. II	52	SW	192	3.1	11.2	10.7	5.5	5.3	10.1	9.0	8.9	6.9	
Unterschied	3		0	-0.1	-1.5	-3.0	-0.9	-0.4	-0.8	-1.4	-0.6	-0.6	
2. Jelenia Berg Lichtung	167	NE	199	3.1	9.5	7.9	4.4	5.9	9.0	8.5	7.6	6.9	
Jelenia Berg Wald	170	NE	199	3.1	7.3	5.5	4.5	4.9	7.6	6.7	5.5	5.8	
Unterschied	-3		0	0	2.2	2.4	-0.1	1.0	1.4	1.8	2.1	1.1	
3. Talsohle des Ropaflusses	0		169	2.1	11.3	9.7	6.3	6.1	11.2	10.5	10.7	7.7	
4. Łęgi	2		169	2.1	10.9	9.3	6.0	5.9	10.8	9.4	9.9	6.6	
Unterschied	-2		0	0	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4	1.1	0.8	1.1	

frostfreien Periode und einer mittleren minimalen Jahrestemperatur größere Tages-
schwankungen der Lufttemperatur am Hang mit SW-Exposition im Vergleich mit
den Amplituden der gegenüberliegenden Hängen mit ähnlicher Neigung auf. Im
Sommer und während der Herbstmonate, die sich durch eine große Anzahl von
Tagen mit schönem Wetter (September) auszeichnen, sind die Unterschiede der
mittleren Tagesamplituden in den erörterten Standorten größer als im Winter, weil
infolge intensiver Abkühlung der Talsohlen und der unteren Hangpartien die Tages-
temperaturminima angenähert sind und die Unterschiede der mittleren Maxima einige
Zehntel Grad erreichen.

Einen weiteren differenzierenden Einfluß auf die Wärmeverhältnisse in der
bodennahen Luftschicht üben die Mikroformen und die Pflanzendecke aus.

In den Verbreiterungen erwärmen sich die Talsohlen stärker als die engen und
beschatteten Durchbruchtäler (vgl. Ropatal-Łęgi). Die niedrigsten Tagestempera-
turen dagegen sind ungefähr die gleichen. Die Wertunterschiede der Tagestemperatur
der verglichenen Standorte lassen einen Subtyp des Mikroklimas aussondern, u. zw.:

1. die Verbreiterungen der Talsohlen, die sich tagsüber stark erwärmen, in
der Nacht aber Kaltluftseen bilden, also die größten thermischen Tages-
kontraste aufweisen,

2. die beschatteten, schwächer erwärmten Verengerungen der Talsohlen, in denen sich zwar ebenfalls gleich kühle Luft (wie im ersten Subtyp) ansammelt, die sich aber — in Anbetracht der niedrigeren Maxima — durch einen „sanfteren“ Tagesverlauf der Temperatur auszeichnet.

Eine Analyse der Tagesamplituden der Lufttemperatur in verschiedenen Zeitabschnitten ermöglicht auch, den Einfluß des Waldbestandes auf den Verlauf der Tages- und Jahrestemperatur festzustellen. Die Waldgesellschaft *Dentario glandulosae Fagetum*, welche Tanne und Buche umfaßt, die sich durch reiches Unterholz auszeichnet, wirkt vor allem mildernd auf die Maxima ein. Dagegen tritt dort, wo günstige Bedingungen für Luftstagnation herrschen, ein heftiges Sinken der Lufttemperatur während der Nacht ein.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß bei der Untersuchung der aus kurzfristiger Observationsperioden, die nicht einmal ein Jahr dauerten, stammenden Resultate, die Anwendbarkeit der Tagesamplitude der Lufttemperatur als einheitliches Leitkriterium der Typologie der Meso- und Mikrokimate noch an Bedeutung gewinnt. Ein Beispiel ihrer Ausbeutung für diese Zwecke war eine Karte der Meso- und mikroklimatischen Verhältnisse des von der Verfasserin dargestellten Einflußgebietes in den Beskiden (21). Diese Karte wurde auf Grund einer mehrtägigen, mikroklimatischen Observationsserie während Strahlungswetter konstruiert. Bei der Aussonderung verschiedenartiger Einheiten, habe ich mich — außer auf der mittleren Tagesamplitude — auf dem Unterschied der mittleren Tages- und Nachttemperaturen gestützt, und im Zusammenhang mit dem Bestehen bedeutender relativer Höhen (400—600 m) zur Bezeichnung des Niveaus, für welches die Schwankungen der Lufttemperatur galten, auch die mittlere Tagestemperatur angegeben. Die Art der Analyse ermöglichte es mir, das Bestehen einer Dreiteiligkeit der thermischen Verhältnisse in den Tälern der Mittelgebirge, die über das Auftreten der drei oben angeführten Mesoklimatyps entscheiden — zu erfassen und in ihrem Bereich eine weitere Aussonderung nicht nur in der meso- sondern auch in der Mikroskala durchzuführen.

Schlußfolgerungen

Für Zwecke der meso- und mikroklimatischen Klassifikation kann als typologisches Einheitskriterium die mittlere Tagesamplitude der Lufttemperatur ausgenutzt werden, und zwar sowohl für längere wie auch kürzere Observationsperioden. Ihre Werte weisen eine ähnliche Veränderlichkeit im Höhenprofil der Vorgebirgstäler, der niedrigen und mittleren Gebirge auf wie die Dauer der frostfreien Periode oder die mittlere Minimaltemperatur. Sie kann also — ähnlich wie diese Indikatoren — eine gleichwertige Rolle bei der Grenzziehung der Mesoklimatypen spielen. Beim Übergang zur Aussonderung in der Mikroskala erweist sich die Tagesamplitude der Lufttemperatur als ein empfindlicheres Kriterium als die mittlere Minimaltemperatur oder die Dauer der frostfreien Periode, weil sie auch über die tagsüber vor sich gehenden Erwärmungsprozesse Auskunft gibt. Sie läßt auch die thermische Kontraststärke erkennen, die sich unter dem Einfluß verschiedener Elemente der Umwelt mit verschiedener Intensität entwickelt. Sie ist also derjenige Indikator, welcher die Veränderlichkeit der klimatischen Verhältnisse in der bodennahen Luftschicht in Abhängigkeit vom Untergrund bekanntgibt.

LITERATUR

1. AULITZKY, H.: Die Lufttemperaturverhältnisse einer Zentralalpinen Hanglage. Arch. Met., Geoph., Biokl., Ser. B. Bd 16, Wien 1968; 18—69.
2. ADAMCZYK, B.: Characteristic of soil of Szymbark area (only Polish). Dokument. geogr. IG PAN, Warszawa 1973 (in print).
3. BARRY, R. G.: Models in meteorology and climatology. Physical and information models in geography. London 1967.
4. DAUKSZA, L. u.a.: Beobachtungen des Schneeschwindens im Szymbark (nur in polnisch). Dokument. geogr. IG PAN, Warszawa 1970; 39—70.
5. GIL, E.: Karte der Bodenbenutzung (manuscript).
6. GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1961.
7. HESS, M.: Vertical climatic zones in the Polish Western Carpathians. Zeszyty Naukowe UJ-Prace Geograficzne 11, Kraków 1965.
8. HESS, M.: On mesoclimate of convex and concave landforms in South Poland. Przegląd Geofiz. XI (XIX), 1, Warszawa 1966; 23—35.
9. HESS, M.: On the influence of slope exposure on climate of South Poland. Przegląd Geofiz. XI (XIX), 3, Warszawa 1966; 153—170.
10. HESS, M.: A new method of quantitative determination of the mesoclimatic differentiation in mountain areas. Zeszyty Naukowe UJ-Prace Geograficzne, 18, Kraków 1968; 7—26.
11. HESS, M.: Principal climatological problems of the Carpathians. Zeszyty Naukowe UJ-Prace Geograficzne, 25, Kraków 1969; 7—44.
12. HESS, M.: Differentiation of the microclimatic conditions in the vertical profile of the Carpathian Mts. Folia Geogr., s. Geogr.-Phys., vol. IV, Kraków 1970; 43—61.
13. KOCH, H. G.: Die warme Hangzone. Neue Anschauungen zur nächtlichen Kaltluftschichtung in Tälern und an Hängen. Zeitschr. f. Meteorologie, Bd. 15, 6, Berlin 1961; 151—171.
14. KOTARBA, A.: Characteristic of relief of Szymbark area (only in Polish). Dokument. Geogr. IG PAN, 3, Warszawa 1970; 7—24.
15. MIŠČENKO, Z. A.: Sutöčnyj chod temperatury vozducha i ego agroklimaticeskoje značenie. Gidrometeoizdat. Leningrad 1962.
16. NIEMIROWSKA, J.: Characteristic of hydrographical conditions in Bystrzanka and Bielanka drainage areas (only in Polish). Dokument. Geogr. IG PAN, 3, Warszawa 1970; 25—38.
17. NIEDŹWIEDŹ, T.: Ein Beispiel der Anfertigung einer Karte der Nachtfroste in der karpatischen Hügellandzone (in russisch). Zeszyty Naukowe UJ-Prace Geograficzne, 26, Kraków 1971; 301—308.
18. NIEDŹWIEDŹ, T.: Air temperature and humidity in the upland section of the valley of Raba river near Gaik-Brzezowa. Zeszyty Naukowe UJ-Prace Geograficzne (in print).
19. NIEDŹWIEDŹ, T. und OBRĘBSKA-STARKEL, B.: Ein Beispiel der Anfertigung einer mesoklimatischen Karte für die Karpaten. Mesoklima v komplexu zivitniho prostredi. Brno 1972.
20. OBRĘBSKA-STARKEL, B.: Some results of investigations of meso- and microclimatic conditions in small mountain drainage areas in the Beskides (Polish West Carpathians). Acta Univ. Szegediensis, p. Acta Climatologica, Szeged 1969; 67—81.
21. OBRĘBSKA-STARKEL, B.: Detaillierte Kartierung der meso- und mikroklimatischen Verhältnisse in Mittelgebirgen. Zeszyty Naukowe UJ-Prace Geograficzne, 26, Kraków 1971; 309—316.
22. OBRĘBSKA-STARKLOWA, B.: Differentiation of meso- and microclimatic conditions in Szymbark area (manuscript, 1972).
23. SAPOZNIKOVA, S.: Microclimate and local climate (transl. in polish from russian). Warszawa 1953.
24. STASZKIEWICZ, J.: Forest communities of Szymbark area (Low Beskids). Dokument Geogr. IG PAN (in print).
25. WAGNER, R.: Fluktuierende Dolinen-Nebel. Időjárás 1954; 289—298.
26. WAGNER, R.: Lufttemperaturmessungen in einer Doline des Bükk-Gebirges. Zeitschr. f. Angewandte Meteorologie, Bd. 5, 1964; 92—99.

THE DISTRIBUTION OF PRECIPITATION AND SOIL AMELIORATION WITH ARTIFICIAL MATERIALS

by

J. JUHÁSZ and M. DZUBAY

Zusammenfassung: (*Die Niederschlagsverteilung und Bodenverbesserung mit Kunststoffen.*)

Auf Grund der Niederschlagskarte von Hajósy und der Bodenkarte von Stefanovits stellen die Verfasser die territoriale Verteilung der Verbesserung benötigenden Sand-, Moor-, Soda- und Sauerböden unter den landwirtschaftlich benutzten Gebieten Ungarns in Zusammenhang mit der territorialen Verteilung des Niederschlags dar.

Die Abhandlung berichtet auch über die Bodenverbesserungsversuche der Verfasser, wobei Kunststoffe, Polyelektrolite, Kunststoffschäume und Emulsionen in den Boden eingeführt wurden. Auf Grund ihrer Ergebnisse denken die Verfasser, dass die Kunststoffe in der Bodenverbesserung in der Zukunft eine grosse Rolle spielen werden.

Summary: The authors describe on the basis of Hajósy's rainfall map and Stefanovits's soil map the territorial distribution of sand bog, alkali and acid soils needing amelioration among the agriculturally used areas of Hungary in connection with the territorial distribution of rainfall.

The paper reports on the authors' attempts at soil amelioration in the course of which artificial materials, polyelectrolites, artificial material foams, and emulsions were introduced into the soil. On the basis of their experiments the authors think that in the future the use of artificial materials will play a great role in soil amelioration.

It is commonly known that about 50% of the agriculturally used area of Hungary needs amelioration and receives very little precipitation (1).

Our aim, therefore, is to discuss the value of artificial materials besides the traditional methods in soil amelioration on the basis of some theoretical and methodological principles of the classification of the regions.

The differences between the regions are determined by their geographic character and unity. The classification according to character is the result of differences in surface, climate, soil types, waters, vegetation, and fauna. The geographic unity, on the other hand, is the result of the inseparability of the various factors (2).

According to SOLNTSEV the above-mentioned factors can be classed in two large groups: to the first belong the lithogenic and hydroclimatogenic factors, which have a great power of resistance, to the second belong the biogenic factors with their lower power of resistance (3).

According to GERENCHUK the chief lithogeomorphological complexes manifest themselves also through the vegetation and the types of soil. He proposes that the differentiation of the landscapes should be made according to the spread of the overlying rocks (4).

Of primary importance for agriculture is the favorable or unfavorable quality of the overlying rock, the soil, which may constitute the basis of a possible classification. It was on the basis of this idea that we classified those agricultural areas of our country, which, on account of their unfavorable properties, need amelioration in the interest of a larger production.

The possibility is given to us to deal comprehensively, according to our aim, with the artificial materials that can be used for amelioration of the acid, sodic, sandy, and bog soils in this country. In the majority of cases, the amount and quality of the agricultural crops, i.e. the efficiency of production, are determined by the suitability of the soil for cultivation and by the precipitation conditions.

Under the influence of external forces some relief forms disappear or change in the course of long periods of time. Accordingly, within each region smaller areas, morphological systems, differing in soil or appearance, develop. Since the morphological units occur in different proportions in different regions or microregions, it is possible to show the areas cartographically by means of surveys or photographs. At the same time we can categorize and examine the acid, sodic, sandy, and bog soils as constituent parts, i.e. basic landscape units or landscape mosaic, of the agriculturally used area of the country.

In connection with our theme, either method of classification can be used, though the latter method seems more suitable from our viewpoint.

Detailed characterization of the landscapes is at this moment not our primary task; thus according to our aim, soil amelioration is given attention from the point of view of artificial materials that can be used for the poorer soils under given precipitation conditions.

Over the territory of our country the climatic elements satisfy more or less the needs of plant cultivation. At the same time it is a long-known fact that the yield is in very many cases a function of the conditions precipitation.

In the middle of the last century, then after the foundation of the Hungarian Meteorological Institute, many Hungarian climatologists studied the precipitation conditions in the basin of the Carpathians on the basis of the material collected. With a view to recording the great variability of precipitation the then existing observation network was further developed. HAJÓSY and his contemporaries (4—5) had already the data of the enlarged observation network at their disposal for evaluation. The old data, however, were, on account of their sporadic and unsystematic nature, only good for finding out general laws.

The western territories of our country represent abundance of precipitation, and the areas of the Great Plain around the middle section of the river Tisza scarcity of precipitation. The driest areas of the country are the regions of Hortobágy, Szolnok, Szarvas, and Kunszentmárton, where the annual amount of precipitation does not reach even 500 mm. The larger part about 70% of the territory of the country however, gets an annual average of 500—600 mm. To this area belong the largest part of the Great Plain, the Small Plain, and Mezőföld. In most parts of Sopron, Vas, Veszprém, Zala and Somogy counties in Transdanubia (the part of Hungary west of the Danube, and in the parts of the northern mountains above 400 m the annual precipitation is over 700 mm. In the south-western part of Vas, Zala, and Somogy counties the annual amount is over 800 mm (6).

In connection with the territorial distribution of precipitation we show the soil needing amelioration in the agriculturally used areas. The territorial distribution of the acid, bog sandy, and sodic soils is classified on the basis of the precipitation map of HAJÓSY and the soil map of MATTYASOVSKY, GÖRÖG, and STEFANOVITS.

1. To the areas with less than 500 mm of annual precipitation belong areas with sodic soil in the region of Hortobágy, and the weakly and strongly acid, strongly compact mud soil between Szolnok and Kunszentmárton.

2. To the areas with 500—600 mm of yearly precipitation belong in the low-lands the weakly or strongly acid sands, weakly and strongly acid, strongly compact mud soils and clays, the sodic soils in the region of the Kőrös rivers, and the acid bogs along the northwestern border and in the region of the Kőrös rivers.
3. To the areas with 700—800 mm of annual precipitation belong the weakly and strongly acid sand soils, the weakly and strongly acid sandy mud soils, and themoderately compact mud soils of Sopron, Vas, Veszprém, Zala, and Somogy counties.
4. To the areas with more than 800 mm of annual precipitation belong the weakly and strongly acid moderately compact mud soils of the south-western parts as well as the weakly and strongly acid sporadic sands and mud soils of Vas, Zala and Somogy counties.

In general it can be stated, that in the territories east of the Tisza the continental character is predominant, with a maximum in June or July and a lower second maximum in fall, west of the Danube the Atlantic character prevails. In the land between the Danube and the Tisza the continental and Atlantic air masses mingle, mostly under the greater influence of the continental current.

In connection with the territorial distribution of the total annual precipitation the scattered bos, acid, sandy, and sodic areas can be regarded as landscape mosaics even if the agricultural areas of our country are divided by a threefold classification. Thus we can define the landscape unit of Transdanubia, that of the land between the Danube and the Tisza, and that of the land east of the Tisza with their characteristic microlandscapes, landscape mosaics, and basic landscape units.

I. Characterization of *Transdanubia* as a landscape on the basis of the distribution of the average precipitation:

the acid sand soils of Sopron, Vas, Veszprém, Zala and Somogy counties their acid sandy mud soils and medium compact mud soils and bogs may be regarded as landscape mozaics.

II. According to the soil units of *the land between the Danube and the Tisza* as a landscape:

a considerable part of the limy, poor sand is scattered over the area; acid mud soils and clay are to be found immediately beside the Tisza; these areas may be regarded as landscape mozaics.

III. According to the soil units of *the land east of the Tisza* as a landscape: the sodic lands of Hortobágy, the sodic areas between Szolnok and Kunszentmárton and in the region of the Kőrös and sporadic acid bogs, mud soils, and clays may be regarded as landscape mozaics.

It can be said of all landscape mosaics that they are forms of mesorelief, which besides a given rock composition possess nearly similar productive soils and complex plant associations.

According to many experts GERENCHUK's view of the landscape mosaic is correct: „the urochische is nothing else but the combination of genetically similar facies evolved in mutual relations” (8).

In the division of the above three landscapes I, II, III into landscape mosaics SOLNTSEVS' method (3) can be used, on the basis of which from the landscape mosaic of the land between the Danube and the Tisza as a morphological unit the weakly and strongly acid sandy soils may be taken out and examined as dominant factors in the landscape mosaic. The less common acid mud and clay soils can be examined as subdominant components of the landscape mosaic.

On the basis of any classification of a similar nature the use of suitable artificial materials in the areas can be determined in advance according to whether we want to preserve the structure of the soil with polyelectrolites, artificial foams, emulsions, or true solutions, or else we want to influence the air, water, and heat balance of the soil.

We have made such a classification on the basis of biogenic factors in the area of Csévharaszt in the land between the Danube and the Tisza. We delimited the basic landscape units in the territories of the landscape mosaics; at the same time we described the flood-basin microlandscape as the genetic unit of several landscape mosaic components.

The woody steppe on sandy soil is a cultivated area interspersed with pastures; its hillock systems preserve the ancient vegetation. But the larger part of the vegetation is identical with the vegetation of the sandy areas between the Danube and the Tisza. The continental Pontic and the Pontic Mediterranean elements give the woods and moorland greens an eastern and southeastern character, although southern elements, as for instance *Dianthus diutinus*, are also represented (9).

The flood-basin microlandscape examined is a genetically homogeneous area characterized by a uniform geological base, a peculiar plant association, and a local climate. The soil surface both on the pastures and on the cultivated lands needs quick and effective amelioration.

A further aim of agricultural investigation, which serves the exploitation and amelioration of the natural resources, is to find materials similar to humus and of a lasting effect. This aim has partly been achieved by the manufacture of artificial materials which preserve (condition) the soil structure.

The advantage of the artificial materials, artificial soil stabilizers, over the natural structure ameliorators (humus and clay) is partly that they do not decompose so rapidly in the soil, partly that they can be used in greater concentrations.

The artificial materials, artificial resins that can be used for soil amelioration are mainly organic or mineral, surface-active or neutral materials with generally large molecules. They possess the common property that they preserve the soil structure thus favorably influencing certain soil properties, for instance the air and water balance.

Their simplest classification is: 1. polyelectrolites, 2. artificial foams, and 3. emulsions and true solutions.

1: *The polyelectrolites* are artificial polymers containing electrically charged components, cations and anions, which adhering to the surface of the soil particles in the form of string colloids, glue them together into water-resistant lasting crumbs. Their effect depends on the quality and quantity of their active groups (e.g. OH, COOH), the size of the dose applied, the mechanical and mineral composition, pH, salt content, etc. of the soil.

The salts of the soil, for instance, if they are easily soluble (Na salts), have a great effect threshold of polymers. These salts hinder the formation of giant molecules,

the string colloids consisting of elements with ramifying structures. Thus they hinder a lasting aggregation of the soil crumbs. Ca and Mg carbonates for example as salts not well soluble in water do not influence the structure-preserving effect of hydrolyzing polyelectrolites (10).

Besides this, as we have mentioned, the chemical nature of the soil can also influence the applicability of artificial resins, because the active groups of the latter may be different.

The pH generally has no effect on the less hydrolyzing polyelectrolites.

Hydrolyzing polyelectrolites can effectively be used for soil amelioration only in the range of pH 4,5—9.

If the soil is strongly acid, — its pH value is less than 4,0 —, the area must first be limed (10).

The effect of the polyelectrolites is that they glue the soil particles together into crumbs with small bridges of artificial material, then as string colloids they enmesh them. This keeps the crumbs from falling to pieces and from the silting effect of water. The lasting structure so formed ensures a favorable change in the water, heat, air, and nutrient conditions of the soil (11).

The polyelectrolites are chiefly acrylic, metacrylic, and maleic acid derivatives, or more exactly, different Na, K, and NH_4 salts of these.

In the Soviet Union, under laboratory conditions, a kind of polyacrylamide has been produced which contains liquid nutrients — easily absorbable NPK. This material, used as base or top dressing besides ameliorating the structure of the soil, ensures the nutrient supply of the plants. (12)

When we calculate for dry soil, the polyelectrolites and artificial resins must be applied in quantities between 0,02—0,2 per cent. Those in pulverized form are introduced into the soil by means of a disk fertilizer spreader, and those in liquid form by means of a distributor, also used for spraying herbicide. Previous to introduction into the soil, a crumbly structure must be developed by a suitable agrotechnical method, because only structures already existing can be stabilized with these artificial materials (13).

2. *The artificial foams* can be loosening materials with open, hydrophilic, or dosedpore, hydrophobic structures. Their primary property is that they exert a chiefly physical influence on the soil. This consists in improving the water economy of the soil, producing lasting looseness, and preventing a quick destruction of the soil structure so formed. The environment thus changed, the larger amount of oxygen and higher temperature, activates the life of the soil and mobilizes the nutrients in it.

The interstices of the artificial foam materials with open pores may be permeable to air up to 70 per cent. Thus their volume can be filled nearly completely with water or nutrient solution, and this is practically utilizable for the plants, while the artificial material foam slowly decomposes. The nitrogen liberated is utilized by the plants.

Of the type of materials mentioned above the carbamide — formaldehyde foam (in the following CF foam, hygromull) is the best known. Its volume weight is 8—15 kg/m^3 . Annually about 3—5 per cent of the foam decomposes; as it contains 30 per cent of nitrogen, the amount of liberated vegetable nutrient may be considerable (14).

CF foam can also be made in the form of a filmy coating, which provides good protection against wind erosion (16).

In soil amelioration about 300—500 m³ of this open-pore material is used for one hectare. As it decomposes very slowly, the duration of its effect is estimated at 10—15 years.

The CF foam is best introduced into the soil in fall, so it can have time to become saturated with humidity.

The artificial material can be used successfully also in arid regions. Besides this the area may be treated with sprinkling irrigation.

Under a ratio of 50 per cent CF foam can well be mixed with peat, compost, mud, clay, etc. (15).

The next artificial material, polystyrol foam (in the following PS foam, Styromull), has closed pores. It contains air as an inclusion. From all points of view it is a neutral material, which is incapable of binding water and nutrients. The volume weight of the foam is also very little: 15—20 kg/m³. The globules or flakes made of it and used for amelioration have a diameter of 4—12 mm. Depending on what kind of soil is to be ameliorated with it, PS foam can be applied in quantities of up to 500 m³ per hectare.

Owing to its extremely large volume the foam is not transported, but like CF foam, it is made on site.

In soil amelioration the way of introduction of the material always depends on the goal. For instance if the plowed layer is to be loosened, the PS foam must be spread on the surface, than worked in to a small depth with a disk harrow or cultivator, and then plowed in. If the aim is to improve the subsoil, then the material spread on the surface must be worked into the soil by plowing down to the required depth. If the soil is too wet and we want to dry it, filled with artificial foam (16).

With this method the area, if it has a proper inclination, can be drained without drainpipes.

3. *Emulsions and true solutions* are materials which can form a chemical soil cover and a waterimpermeable layer under the root zone.

Their effect chiefly depends on their place of application. On the surface of the soil they reduce above all evaporation and weed growth. Introduced into a certain depth they retain the water in the root zone.

The above — mentioned materials are generally used on soils with a light structure. Then the film formed on the surface of the soil raising the temperature of this layer by 10 °C creates more favorable life conditions for the plants already at the beginning of the vegetation period. If an "asphalt bed" is made in the subsoil, it helps to retain the water and nutrient supply in the root zone.

These materials can be brought onto the fields with the help of devices like the machines for spraying plant — protecting chemicals (17).

The effect is variable and depends on the material sprayed. For instance oily latex forms a film. Not only does this film protect the surface, but it also ensures that precipitation and irrigation water get into the soil more easily, and the bitumen or emulsion introduced forms an "asphalt bed". On the other hand quaternary ammonium salt as a true solution makes the soil crumbs so water — repellent that the water does not rise to the surface through the capillaries. Evaporation is thus reduced.

The long-term effect also depends on the qualities of the materials. This effect varies between six, seven, and fourteen months. It depends on how rapidly the micro-organisms can decompose the film formed on the soil surface (13).

The use of asphalt in the lower layers considerably increases the long-term effect, prolonging it to 10—15 years. In this case the bituminous material is introduced into the soil behind a device resembling a goose's foot — shaped cultivator hoe. The thickness of the water — impermeable layer, the artificial „asphalt bed” is about 3 mm.

By this method, as we have mentioned, the pore space or sand is used for storing water, and the watertight layer is formed under the root zone.

Little has been done in this country regarding the utilization of artificial materials for soil amelioration. We can say that only the first steps have been made in this direction

Utilization of the materials described above for soil amelioration under dry conditions mainly depends on the distribution of precipitation and the type of soil in the landscape mosaic.

In the following we are going to describe the soil types according to STEFANOVITS (18) the Methodological Manual of Genetic Soil Mapping (19), and the works of PRETTENHOFFER (20).

As we have mentioned, about 50% of the total plow-land area of the country needs amelioration. The soils needing amelioration are:

1. Acid soils
2. Alkali soils
3. Sandy soils
4. Bog soils

As their chemical, physical, and biological properties — in their original state — are very different, we think it suitable to deal with them one by one.

1. Acid soils

A common feature of these soils is that the surfaces of their colloids are unsaturated, there is much adsorbed H in them, and there is a high H ion concentration even in their liquid phase.

Unsaturated soils, if they contain many clay particles, are difficult to till, they have a bad, puddled structure, and when dry they become caked.

Thus chemical amelioration of the soil (liming) is achieved not only by neutralizing the acidity harmful to plants but also by the fact that the Ca—containing ameliorating substances, replacing the exchangeable H ions bound on the soil colloids, exert a favorable effect on the dispersion conditions of the latter and on the structure of the soil.

In addition, the effect of liming is very complex: it favors the processes of nitrification, the storage of nutrients, etc.

A considerable part of the costs of chemical soil amelioration is accounted for by the transportation charges, which are particularly high in the mountainous regions. One way of reducing the costs is to extend the efficacy of amelioration to as long a time as possible. This purpose is very well served by synthetic materials, some of which can be made on the site, and combined with the ameliorating substance they surely prolong the efficacy of amelioration.

The acid soils of the country (almost 3,000,000 hectares) are made up mainly of *acid, brown forest soils, and acid meadow soils*. The *acid log soils, sand soils and alluvial soils* cover a relatively small area.

Brown forest soils are found over large areas of the country, and as a considerable part of them are in need of amelioration we are going to deal with them in somewhat greater detail.

In a smaller area of the country there are *highly acidic, non-podzolized brown forest soils* formed on CaCO_3 -free rock. The organic matter derived from the roots of the undergrowth is extremely acidic: its pH value is 3,5—4,0. Even the mineral layers under the "A₁" horizon are strongly acidic, their pH is 5,0—5,5. They have ashy crumby structure with generally poor water holding capacity.

Similar small areas are occupied by, *podzolized brown forest soils* which have also developed on CaCO_3 -free mother rock. It is characteristic of them that under the humified "A₁" horizon there is an ashy gray "A₂" horizon with powdery structure. This is the so-called podzolic horizon which is acidic and very poor in nutrients.

The two kinds of soil described above are covered exclusively by natural or replanted forests. According to what follows, amelioration with synthetic materials may be of great importance in reforestation.

The largest areas of forest soils in Hungary are *clayey brown forest soils* a large part of which has been tilled. They are soils in which the clay minerals of the eluvial horizon are washed down in unchanged form, without decay, into the "B" horizon where they accumulate. In the structure of the profile, the "A₁" layer, which may be 10—20 cm thick, produces the humus — enriched horizon. This is usually loam with powdery, crumby structure, or bound with sand. It is slightly acidic with pH 6,0—6,2. The "A₂" layer is the eluvial horizon whose humus content is much lower. This layer, when tilled, is often mixed with the "A₁" layer, and the original 5—8% humus content found under the forest falls to 1,5—2,0%. The structure of this layer is powdery, lower down occasionally plate-like, lamellar; its physical kind is loam or sand with some clay. The pH is here strongly reduced and shows the lowest value in the profile, around 5,0.

Plowland cultivation of these soils changes not only the humus layer but also the acidity of the soil, because both hydrolitic acidity and exchange acidity become reduced. At the same time the pH value of the soil grows, for while the pH value of the eluvial horizon under the forest is 5,0—5,5, in the profiles under plowland cultivation it is around 6,0—6,5. It often happens that when subjected to plowland cultivation, the "A" horizon is destroyed and the plowed layer is formed on the accumulation horizon "B".

To sum up: Our primary task on these soils is to neutralize the acidity of the soil and, in order to reduce erosion, to increase the water — holding capacity of the surface.

Pseudogleyey brown forest soils in larger connected areas are mainly found in the western part of the country. They are characterized by very great differences between the water conductivity of the eluvial and enrichment horizons. Periodically supersaturation (stagnant water) occurs between the two horizons in consequence of which anaerobic conditions develop and a process of gleying starts in the "B" horizon.

Apart from this characteristic, their properties agree with those of the clayey brown forest soils.

A considerable part of the soils of Őrség in western Transdanubia belong here. Their deterioration is first of all due to the climatic and relief conditions, secondly to unfavourable physical and chemical properties of the soils.

The unfavourable physical and chemical properties can be eliminated by liming, and the harmful superfluous water by drainage.

In Transdanubia and the North Hungarian Highlands *Ramann's* brown forest soils cover large areas. They were usually formed on CaCO_3 -containing native rock. Acidulation of the profile is only slight, its pH is rarely less than 6.5. The upper layer consists of small crumbs, contains no CaCO_3 , and is loamadhesive.

An important subtype of it is *Ramann's rusty brown forest soil* formed on sandy basement rock; accordingly, its structure in the "A" horizon is loose sand and in the "B" horizon slightly compact sand.

Flow of sand is frequent on these soils and so protection against deflation is very important.

Among the acidic sandy soils of Nyírség and Somogy wider stretches of iron incrustation brown forest soils can be found which have been formed on CaCO_3 -free sand owing to the influence of forests. This type has got its name from the zigzag ferrous stripes deep in the profile. In these there is no connected "B" horizon in the eluvial layer but parallel compact acidic, colloidal layers at 10–25 cm from each other.

The iron incrustation brown forest soils are, owing to their better water economy, generally more fertile than the sandy soils. As a result of their light mechanical structure, deflation is frequent on them, especially in spring when the plowlands, are mostly barren of vegetation and the green crops do not contribute to protection.

In the case of these soils it is of prime importance to make the water economy more favorable and to provide protection against deflation.

The meadow soils have been formed under varied natural conditions and thus there are sometimes very great differences between the different types. They are generally found in the alluvia of rivers, first of all of the rivers of the lowlands (the Tisza, the Kőrös rivers, the Maros), and to a smaller extent of the Danube and other rivers, in depressions between sand dunes as well as in the valleys of the hilly and mountainous regions. They are soils formed owing to the influence of the nearness of the ground water table and they are either CaCO_3 -containing or CaCO_3 -free. The chemical properties of the profiles are very varied according to the soil-forming rock. There are profiles that are limy already from their upper layer on, but more often the "A" horizon, occasionally part of the "B" horizon, is non-calcic. In such cases the chemical reaction of the upper layers is slightly acidic, which does not exclude the possibility that in the case of heavy clay adhesiveness the hydrolytic acidity may be greater than 10. From the point of view of pedological conditions or soil amelioration, alluvial soils are judged similarly. Their amelioration consists in structure development by artificial materials.

From the point of view of amelioration *bog soils* under plowland cultivation fall in the same category. They are formed in the presence of an abundance of humidity. The chemical reaction of moss moor soils (moss peat saturated with water is highly acidic, around pH 4.0). The *low moor soils* (depressions filled up organic matter) are less acidic, their pH value is rarely below 5.5–6.0. In the case of bog soils hydrolytic acidity may be very great (around 100) owing to the great degree of cation replaceability of humic matter.

2. Alkali soils

About 1/2 million hectares of the arable land of the country can be qualified as alkali soil. (Of this about 1/2 million acres are non-calcic, acid, and nearly neutral alkali soil.)

By alkali soils generally soils are understood in the formation and character of which water-soluble salts, namely sodium salts, play a decisive role.

Alkali soils are of several types and subtypes with very many varieties. The degree of alkalization, the accumulation of salts, the thickness of the "A" horizon, the position of the "B" horizon, etc., all play a decisive role from the point of view of alkalinity and agricultural utilization. They agree more or less in that they are hard to till, they are compact; if they contain many clay particles they become crusted when dry and dissolve and disperse when wet. Their water economy is very unfavorable stagnant water pools are common on them.

Their amelioration — depending on their character — can be effected in several ways:

a) Non — calcic, acid, and near — neutral alkali soils: A common feature of the soils belonging in this category is that to a smaller or greater depth they do not contain CaCO_3 . Their pH value is below 7.5. From the acid alkali soils with less unfavorable properties both the salts and the Na of the absorbing complex have begun to be eluted, thus the upper layer has become acid, i.e. unsaturated. In the adsorption complex of the *near-neutral alkali soils* the accumulated Na ions play an important part.

b) Non-calcic, alkaline (temporary) alkali soils: Here belong the non-calcic alkali soils whose Na-saturation is so great that their pH is above 7.5. The salinity of the soil profile in the plowed layer varies between 0.1—0.2% and increases toward the subsoil. On such alkali soils it is necessary to add also acid ameliorators to facilitate the solubilization of lime.

c) Basic and/or limy sodic alkali soils: Limy alkali soils are highly alkaline, their pH being higher than 8.2—8.3, often reaching or exceeding 9.0. In these soils Na is clearly predominant in the soil solution.

Applying the above — mentioned facts to *genetic soil types*: liming and limy subsoil manuring can be used for the amelioration of solonetz — like meadow soils, stepping medium and deep solonetz meadow soils.

Loessial subsoil + acid upper layer and lime + gypsum spreading can be used for the amelioration of columnar, shallow, medium meadow solonetz soils. The columnar, shallow solonchak — solonetz soils can be ameliorated only in patches with acid substances.

3. Sand soils

Of the three extensive sandy areas of our country the land strip between the Danube and the Tisza, Somogy, and Nyírség, approximately 1.5 million hectares need amelioration.

The elevated sandy plain between the Danube and the Tisza is generally limy, the lime content decreasing from the Danube toward the Tisza, while the sandy areas in Somogy and Nyírség are acid.

Liming of these soils is always of doubtful value and other methods of amelioration should be considered.

It is well known that the water and nutrient economy of the sandy soils is bad, and their amelioration is a primary task because it is in this way that the conditions of successful agricultural production on them can be ensured.

Now known means are:

- a) Dung (medium ripe)
- b) Bentonite, fen clay, peat
- c) Clay minerals, special ameliorating substances
- d) Various composts
- e) Deepmanuring, green manure

4. Bog soils

About 100,000 hectares of bog soil of this country need amelioration. Amelioration of the bog soils is a very hard task and work on this project is constantly going on.

In the case of these soils first of all problems of water economy have to be solved. Besides this the anaerobic processes in the soil must be altered favorably and the decomposition of a large amount of organic matter must be controlled and utilized. (Bog soil exploitation.)

After describing the soil types (21, 22) we come to the discussion of their amelioration with artificial materials as well as traditional methods.

Amelioration of Acid Soils

In this part we deal chiefly with the amelioration of acid brown forest and acid meadow and alluvial soils.

To the first belong the nearly exclusively forested, strongly acid *non-podzolic* and *podzolic* brown forest soils. On replanting, the soil of the tree sockets dug up must be mixed to 10—15 volume per cent with open-pore (CF-piatherm foam) foams. These foams are suitable for binding water and nutrients which the plants can take up easily from them.

We have in mind forested areas on steep slopes where the transportation of ameliorating substances and fertilizers is very expensive and difficult. Therefore it is advantageous to use foam that can be made on the site and transported artificial fertilizer concentrate.

From the point of view of agricultural use, *clayey brown forest soils* are far more important. On these soils the most important thing to do is neutralization of the acidity, increasing of the water absorption capacity, and protection against erosion.

Neutralization of the acidity of the soil can be effected by using the traditional liming method. The last two tasks can be achieved by more modern means and more durably.

Polyelectrolites can be used to stabilize the soil structure; open-pore CF foams to increase the water absorption capacity and to reinforce protection against erosion or to ensure a more lasting effect than with the traditional methods.

If the "A" levels decay, the modern methods of amelioration agree practical with those mentioned above.

In *pseudogleyey brown forest soils*, which are chiefly found in Őrség, the elimination of similarly harmful properties is necessary, as in the clayey brown forest soils. In these, increasing of the water absorption capacity, decreasing of the acidity, and protection against erosion are necessary. There is no essential difference in the achievement of the last two things, but there is an essential difference in the balancing, of the water economy, depending on the properties of the soil type in question.

Between the "A" and "B" levels there is, in this case, a gleyey layer which is impervious to water. Thus the top soil fills very quickly with water — stagnant water — and slides down the slope, this is known as solifluxion. For leading off the excess water and stopping the sliding of the soil we suggest the application of drainage with artificial materials between the two above-mentioned levels. KNOBLOCH's method (23) is perfectly suitable for this purpose. The reduction processes (gleying) here are already partially stopped by drainage, but deep loosening can improve the effect.

For the *rusty brown subtype of Ramann's forest soils* which forms on sand we suggest the following: amelioration is generally possible as described in detail in connection with sand by laying down polyelectrolites, open-pore foams, and emulsions on the surface and deeper, for instance in the form of films and "asphalt banks." Applied on the surface also against deflation.

We recommend the methods described in connection with sand chiefly for *sand with iron incrustation* which occurs in Nyírség and Somogy.

a) *Meadow soils*. Their characteristic in the presence of clay and heavy clay is compactness. Such soils are airless and their water: air ratio is unfavourable to microorganisms and plants. In this case the microorganisms take even the little air away from the plants.

In the interests of successful farming these soils must be made looser and richer in air. This can be achieved in a modern way by using, in addition to liming, closed-pore artificial material foams (PS foam) containing 98% of air. These foams are quite neutral materials, not binding any water or nutrients. As they decompose very slowly, they retain their effectiveness for years. They decay in time but cavities remain in their place.

A great part of the meadow soils have a buried solonetz layer near the surface. This is an extremely compact layer which is impermeable to water, and thus stagnant water gathers in the layer over it. The stagnant waters that appear then are a hindrance to agricultural cultivation. In this case the compact layer can be eliminated by loosening of the subsoil and the introduction of closed-pore artificial material foam; thus the soil becomes permeable to water and can be used again.

Following this, the favorable soil structure formed in the plowed layer must be stabilized with the help of polyelectrolites.

b) Our *alluvial soils* need structure amelioration chiefly if they were formed on carbonateless clay a very long time ago. One of our large rivers, the Tisza, of a middle course type, its deposited alluvium is not clay but rather silt. Its adhesiveness is not great, therefore its structure can be stabilized also by liming and using polyelectrolites.

If these acid, humic alluvial soils are compact, clays, they must be limed and

their aeration and water permeability must be secured with closed-pore artificial material foams, and the structure so formed must be preserved.

The same methods of amelioration must be employed on *alluvial meadow soils* if they were formed on CaCO_3 -free material.

c) In the amelioration of the *alluvial soils of slopes* by means of artificial materials the decisive thing is their origin: chernozem or forest soil, acid or compact layers. It is these properties that determine the necessity of liming or the manner and place of the use of the polyelectrolites. In this case, too, these last serve for preserving the structure, and the foams serve for increasing the water permeability. It can happen in such case that the water conservation of loose alluvia of light mechanical composition derived from the A_2 level of forest soils must be ensured by the sprinkling of true solutions and the development of film or hydrophobic properties.

2. Amelioration of Alkali Soils

We can deal with the amelioration of these soils most suitably according to Prettenhoffer's classification (20).

a) *Non-calcic acid and near-neutral alkali soils* are found chiefly east of the river Tisza. Their classical method of amelioration is liming that modern amelioration should use the afore-mentioned methods, and that after the development of a suitable structure, polyelectrolites must also be used in order to stabilize the artificially formed soil crumbs.

The effect of the polyelectrolites can manifest itself, besides stabilization of the structure, in the fact that on decomposition of their nitrogen content-polyacrylamide, polynitrile-, they supply N to the plants.

In the Soviet Union crude oil purified from aromatic compounds is also used experimentally and with good results for the amelioration of alkali soils.

b) *Non-calcic, slightly alkaline (transitional) alkali soils*. These, too, are chiefly found east of the Tisza. They are traditionally ameliorated with limet gypsum, black earth — acid — deep layer spreading or with gypsum — containing yellow earth. Here, too, we want to use the above-mentioned materials for amelioration but with the addition that we stabilize the good soil structure that has been developed. Thus we hope to remove from these alkali soils the soluble salts and the Na ions exchanged in the course of amelioration with the help of the loosening and water permeability-enhancing effect or closed-pore foam materials.

In the case of these alkali soils we must reckon also with the colloid-precipitating effect of the considerable amount of soluble salts. The effect of the alkaline pH on the hydrolizing polyelectrolites must also be taken into consideration.

c) *Alkaline and calcareous sodic soils*. They are found mainly in the land between the Danube and the Tisza and in smaller areas east of the Tisza. The classical method of their amelioration is the use of acid materials. In this case first of all gypsum powder and gypsum by-products of factories may come into consideration. We want to achieve the amelioration of these soils, too, by the use of the afore-mentioned materials with the addition that they would be applied in combination with artificial materials — polyelectrolites, foams, etc. — in different physical states.

On the land between the Danube and the Tisza, if the *subsoil water* has been controlled these sodic soils, having generally a light mechanical composition, can

be ameliorated quite deeply in a matter of a few years by gypsum treatment and the use of closed-pore artificial foams combined with irrigation.

East of the Tisza the amelioration of this type of soil is much more difficult. The amelioration of larger connected areas — with the exception of the patches in the plowlands — requires much material and is still very expensive. Amelioration can therefore be carried out only in small areas at present and can be used to search for cheaper methods.

The amelioration of these areas is nearly the same as the amelioration of the sodic patches found in plowland areas, yet with this difference that in this case gypsum powder must be used as ameliorating material. Thus the good structure formed by cultivation must be preserved with the help of suitable polyelectrolites.

In connection with the amelioration of alkali soils it must be mentioned that the soil amelioration can also be carried out using a well-known agrotechnical method. This can be applied chiefly to soils with a "B" horizon containing but little Na; in the case of a larger Na content amelioration will be effective if simultaneously with the subsoil amelioration chemical ameliorators are introduced into the soil.

The washing out of Na can be facilitated by filling the interstices with artificial material foams thus hindering their closing. The closed-pore Ps foam makes the penetration of precipitation possible thus directly promoting better leaching. On patches of alkali soil amelioration can be carried out, as explained above, according to their alkaline nature. On these patches the ameliorating materials must be spread by abundant manuring. Occasionally black earth underspreading as well as loosening combined with the introduction of ameliorators can be used. In order to achieve perfect amelioration it may be necessary to repeat the procedure several times. It must be noted, however, that the use of polyelectrolites on alkali soils does not always have the same effect; in case of wrong application it may be ineffective. *The effect of the polyelectrolites depends on their composition, dosage, the manner of their application, the mechanical structure and porosity of the soil, the quality of their active functional groups, the alkalinity caused by Na, the water control, etc.*

3. Amelioration of Sand Soils

In the foregoing we have already mentioned that a large part of the sandy areas of this country, about 1,5 million ha, need amelioration (22). On these soils, as is known, the unfavourable properties must first be eliminated; they are:

- (1) excessive water permeability, that is poor water holding capacity,
- (2) scarcity of nutrients,
- (3) tendency to deflation.

Besides the now traditional means of amelioration such as stable dung, bentonite, bog soil, peat, clay minerals, composts, green manure, layer amelioration, etc., or in combination with these, we recommend the use of artificial materials, polyelectrolites, open-pore artificial resins and emulsions of the hygromull type.

The polyelectrolites hinder the breakdown of organic substances in sand, and their ion exchanging atom groups convey the nutrients to the plants, and by their slow decomposition they may also provide nitrogen. To balance the nutrient economy

of sands we use first of all artificial material foams and their combinations with mineral fertilizers. The CF and piatherm foams mixed with peat and artificial fertilizers are introduced into the soil by traditional means. Then they bind the water that gets into the sand and they transmit it together with the nutrients to the plants. By their slow decomposition they themselves constitute nitrogen sources (15). CF foam is used for binding and grassing sandy surfaces and sand dunes. Thus, for instance, the foamy artificial material is mixed into a kind of mush with the addition of grass seeds, mineral fertilizers, and water, and the liquid mass is then sprinkled over the area with the help of pumps. Thus the material, adhering to the soil, stores the water like a sponge later on too, hinders deflation of the sand and provides a good bed for the germinating grass seeds (15).

All three methods are first of all aimed at *changing the unfavorable properties of the sand*; at the same time emulsions and solutions of the different materials are also used for this purpose.

a) Surface treatment

The emulsions of the different kinds of asphalt or petroleum resins and crude oil products as well as the CF foam material must be brought on to the surface of the sand with an equipment suitable for the spraying of plantprotecting materials. However, the film that forms is pervious to water to such a degree that the soil under it can be saturated with water. The thin connected film reduces evaporation and absorbs the light rays. Owing to this, the temperature of the sand under the covered parts is higher. The film protects the seeds sown from erosion by rain and wind, but the plants coming up can break through it easily and develop undisturbed. In general these films do not contain any nutrients for plants and so the sand soils treated in this manner must be enriched with nutrients and artificial fertilizers.

b) Deep treatment

In this case the large pore space of sands is used for storing precipitation or irrigation water. In such a case the water-imprevious layer forms under the root zone. With the help of a suitable equipment — the winged hoe — asphalt emulsion must be introduced 40 cm deep into the sand. The American machine generally lifts the soil 25 cm deep and from 26 nozzles it squirts an 85 cm wide, instantly solidifying asphalt layer. The artificial asphalt bed in the sand doubles the amount of residual water. Besides this, the increase in organic substances in this layer over the years is also significant.

4. Amelioration of Bog Soils

Besides the classical methods — draining, liming, addition of nutrients, sand treatment, burning, etc. — we do not recommend amelioration of these soils with other methods or artificial materials because of the large organic matter content and the good structure. The most radical interference in the dynamics of these soils without drying them out too much is draining of the excess water. Plowing of the topsoil, loosening, occasionally liming, manuring, and artificial breeding of the bacteria add to the effect. All these measures serve to break the predominance of reductive conditions.

For the amelioration of meadow marshes the classical methods are satisfactory with the exception of the following cases:

(1) if the profile is incomplete, the "A" and "B" horizons are missing, only the gleyey mother rock, the "C" horizon has remained; if this latter is CaCO_3 -free and it is clay, then addition of closed-pore artificial material foams is necessary. In this way the aeration of overly wet soils will be ensured. At the same time the favorable structure developed by cultivation must be preserved with the help of polyelectrolites.

(2) If the meadow marsh is highly acid at pH 4,5, liming adjusted on the basis of experiments is necessary.

(3) If the soil of the meadow marsh is mixed with solonchak, continuous draining combined with washing through must be employed. If a disturbing circumstance, e.g. an intervening clay layer, hinders this, closed-pore artificial material foams must be introduced into the compact layer in order to ensure free percolation of water.

(4) If the soil of the meadow marsh is mixed with solonetz, amelioration must be carried out as in the case of the alkali soils.

(5) If at the surface of the soil or near to it there is a compact layer, such as a limestone bank, a cemented pebble layer, ironstone, a gleyey layer, etc. which is impervious to water, the soil becomes unsuitable for cultivation. This can be repaired by opening the way to percolating water through the introduction of chiefly closed-pore artificial material foams into this layer, if it is feasible at all.

The above-described method must be used also in analogous cases of drained and tilled meadow marsh soils.

In the literature mechanical, chemical, and biological methods are recommended for the amelioration of the oxygen economy of bog soils. Surveying the different methods we see that we can deal only with the amelioration of such soils as constitute about 40% of our agriculturally productive areas. We have not dealt with the preservation of the structure of our best soils, the chernozems and the barren stony, rocky, mining waste tip areas.

We think that the use of artificial materials in the afore-mentioned areas will be of great importance in the near future. It is not meant that only the methods of amelioration described here can be used for the different types of soils, but that the methods indicated should be considered in preference to other methods.

REFERENCES

1. BÁN, M.—FEKETE, A.: A talajjavítás egy évtizede Magyarországon (1947—1957). F. M. Kiadvány 1959.
2. Калесник, С. В.: Современное состояние учения о ландшафтах. Материалы 3-ему съезду Географ. об-ва Л., 1959 г.
3. Солнцев, Н. А.: Основные проблемы советского ландшафтоведения. Изв. ВГО, т. 94, вып. II. 1962 г.
4. Геренчик, К. И.: О морфологической структуре ландшафта Изв. ВГО, т. 88, вып. 4. 1956 г.
5. HAJÓSY, F.: Magyarország csapadékviszonyai. Budapest. 1952.
6. HAJÓSY, F.: A csapadék eloszlása Magyarországon. Orsz. Met. Int. hiv. kiadványai. XI. kötet. Budapest. 1935.
7. KÉRI, M.—KULIN, I.: A csapadékösszegek gyakorisága Magyarországon. Orsz. Met. Int. hiv. kiadványai. XVI. köt. Budapest. 1953.

8. JUHÁSZ, J.: Homok erdő-sztyepp ártéri Kistájának talaj- és léghőmérsékleti viszonyai. Kandidátusi értekezés. Szeged. 1966. 164—189.
9. Геренчук, К. И.: Опыт определения границ природных комплексов. Географ. сборник № 6. Львовск. ун-та. Львов. 1961 г.
10. Ревут, И. Б.—Романов, И. А.: Агрегатный и микроагрегатный почв при искусственном их оструктурировании. Почвоведение. Москва, 1966. 1. 60—65 р.
11. Качинский, Н. А.—Мосолова, А. И.—Таймурадова, Л. К.: Использование полимеров для оструктурирования и мелиораций почв. Почвоведение. Москва, 1967. 12. 96—106. р.
12. Варнцева, В. М.—Скольник, Я. С.—Биксей, П. М.—Попова, С. Д.: Полиакриламидные препараты как сложные удобрения и искусственные структурообразователи почв. Агрохимия. Москва, 1966. 6. 136—143.
13. KULLMANN, A.: Szintetikus talajjavító szerek alkalmazása. Nemzetközi Mezőgazd. Szemle 1969. 2. sz. 58—62.
14. WERMINGHAUSEN, B.: Anwendungsmöglichkeiten von Hygromull. Die Gartenbauwirtschaft. Wien. 1966. 7. 178—179.
15. WERMINGHAUSEN, B.: Das Hygromull. Dt. Gärtnerbör. Aachen 1967. 39. 597—599.
16. KNOBLOCH, M.: Der Einsatz synthetischer Bodenverbesserungsmittel bei Meliorationen. Z. Kulturtechn. Flurbereinigung. Berlin—Hamburg. 1967. 1. 54—59.
17. Asphalt barrier blocks moisture escape. Agric. Engng. St. Joseph. 1966. 10. 546—547.
18. STEFANOVITS, P.: Magyarország talajai. Akad. K. Budapest. 1963.
19. Genetikus üzemi talajterképezés módszerkönyve. OMMI Budapest. 1966.
20. PRETTENHOFFER, I.: Hazai szikesek javítása és hasznosítása. Tiszántúli szikesek. Akad. Kiadó Budapest. 1969.
21. JUHÁSZ, J.—DZUBAY, M.: Basic landscape units and soil amelioration with artificial fertilizers in Hungary. International geographical union european regional conference, Budapest. 1971. Abstracts of papers 76—77.
22. TORONYKÖY, I.—JUHÁSZ, J.—DZUBAY, M.: The Soils of Hungary Needing Amelioration. Acta Geogr. 1972.
23. GÁTI, F.—LÁNG, I.—MIKES, J.: Anwendung von Kunsthartz mit Raumgitterstruktur als Zusatz der bei der Sandmelioration angewendeten Schichtmaterialien verschiedener Zusammensetzung. Zeszyty Probl. Post. Nauk. Roln. Warszawa. 1964.

TEMPERATURE CONDITIONS IN THE MICROCLIMATE OF A RICE CROP

by

ILONA BÁRÁNY and J. BOROS

Summary: Research workers on the Chair of Climatology of the József Attila University at Szeged undertook in July and August 1971, under Prof. R. WAGNER, microclimatological investigations in a rice crop on the site of the Research Institute for Irrigation at Szarvas.

Measurements were carried out on four rice crops subjected to various treatments, on a free water surface and on a dry area.

From these measurements it is found that, during the earlier phases of development of the rice plant, the rice crop is not yet influencing the temperature conditions of the microclimatic space. During the later phenological phases, the vegetative organs are enriched and the effective surface is transferred to a higher level. In a depth of 10 cm in the flooding water and in the soil below it, temperature variation is modified, the amplitudes are decreased and significant deviations are experienced as compared to data from the free water surface and from the free dry surface.

In processing the data, we used the method of approximation by trigonometrical polynomials. In addition of the investigation of various crops, trigonometrical polynomials of temperature are well exhibiting the modifications in temperature which are typical for a rice crop in three phenophases.

Zusammenfassung: (*Temperaturverhältnisse im Mikroklima der Reis pflanze*). Von den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Klimatologie an der József Attila Universität zu Szeged wurden in den Monaten Juli und August 1971 unter der Leitung von Prof. RICHARD WAGNER mikroklimatische Untersuchungen in einem Reisbestande auf dem Gebiete der Forschungsanstalt für Berieselung in Szarvas unternommen.

Messungen wurden an vier verschiedenen behandelten Reisbeständen, sowie an einer freien Wasserfläche und auf einem trockenen Gelände durchgeführt.

Aus den Messungen geht es hervor, dass in den früheren Stadien der Entwicklung der Reispflanze durch den Pflanzenbestand noch keine Einwirkung auf die Temperaturverhältnisse des mikroklimatischen Raumes ausgeübt wird. In den späteren Phenophasen tritt die Anreicherung der vegetativen Teile ein und damit wird die wirksame Oberfläche auf ein höheres Niveau verschoben. In einer Tiefe von 10 cm im Bedeckungswasser und im Boden unterhalb des Wassers wird der Temperaturgang verändert, die Amplituden werden verkleinert und bedeutende Abweichungen treten in Erscheinung gegenüber den entsprechenden Werten des freien Wassers und des freien Geländes.

Bei der Verarbeitung der Angaben wurde das Verfahren einer Annäherung durch trigonometrische Polynome verwendet. Neben einer Untersuchung der verschiedenen Bestände zeigen die trigonometrischen Polynome der Temperatur in einem unbeeinflussten Gebiete die für einen Reisbestand charakteristischen Temperaturveränderungen in drei Phenophasen.

Investigation of the climate of rice fields appears to be a rather important task both abroad and in Hungary. The dominant part of research work is done in connection to the study of the biological properties of the rice plant, however, the particular microclimatological and climatological properties of the surface covered by a shallow water layer are presenting an independent goal of investigation. In recent years, literature is reporting on a still increasing number of hothouse experiments and field experiments which are comprehensively elucidating the meteorological factors and are analyzing the dependence of some or other biological index on weather conditions. M. DZAPBASBAEV (1969 a) has pointed out that the determina-

tion of indices in the field of agricultural meteorology and the study of their influence on crop development is a task of prominent theoretical and practical importance. According to his opinion, conclusions regarding rice crops may be obtained only by a detailed analysis of the climatical conditions. Accordingly, current investigations have the scope of detecting the relations existing between climatical elements and the quality and quantity of rice crops. D. DRAGANOV—J. CHILIKOV—G. STARIDOLSKIJ (1969) have investigated the influence of temperature, atmospheric humidity and evaporation from the surface on the maturation of rice. They found that, in the course of maturation, the humidity content of the grain is decreasing to 27 or 25%. The influences of temperature and precipitation on the crop yield are different ones. Monthly mean temperatures of the growing period, the number of insolation hours and the temperature sums of the various phenophases are exhibiting a positive correlation to the crop yield, whereas the annual amount of precipitation is exhibiting a negative correlation to it. (I. BÁRÁNY, 1971, G. V. NALIVKO—E. P. ALESIN, 1971).

N. P. KRASNOOK—V. PTASKIN—J. A. VISNAKOVA (1971) as well as M. DZAPBASBAEV (1969 a) found that maturation takes place more slowly at lower temperatures and more rapidly at higher temperatures.

VAMADEVAN (1971) investigated variations of water depth and those of the meteorological elements, and reached the conclusion, that in the case of a shallow water layer the crop is more sensitive to the variations of meteorological elements.

In connection to low temperatures at night, P. C. OWEN (1969) found that this occurrence is impeding flowering. M. DZAPBASBAEV (1969 b) investigated comprehensively the conditions of rice growth in a continental climate. In addition to the measurement of indices in agricultural climatology, he is drawing on the basis of microclimatological observations some conclusions concerning the crop climate of rice. He is discussing, for an area in Kazachstane, the energy balance of rice fields and the diurnal variations of air temperature and atmospheric humidity. The instruments and methods used in this investigation are similar ones to those used in our own work, and investigations were made according to the phases of plant development. The cited Author makes statements on the day-time and night-time stratification of the crop temperatures during the various phenological phases, and he is determining the location and occurrence of the various inversions and isothermal layers.

R. WAGNER (1957, 1965, 1966) investigated from several points of view the microclimatical conditions of rice and, respectively, the effect of water flooding on the microclimate of a rice crop. He found that in a rice crop (similarly as in the case of other flooded crops) the thickness of the water layer is exerting an influence, under identical weather conditions, on the thermal balance of the soil and on the plant crop, and, on the other hand, the plant crop is influencing the thermal conditions of the water layer. With increasing crop density, the temperature difference existing between the root zone and the leaf zone is increased.

In the present paper (on the basis of microclimatological research work done by the Climatological Institute of the József Attila University of Szeged under Prof. R. WAGNER) the temperature conditions of the microclimatological space of a rice crop is analyzed for several phenological phases by utilizing the extreme values and hourly mean values of temperature.

Measuring Methods and Instruments

The measurements were executed on the experimental site of the Irrigation Research Institute at Szarvas, during the period July 1st to August 31th.

Microclimatological stations were erected in five differently treated rice crops, (namely: lately seeded; copiously fertilized; unfertilized; provoked and fertilized; and provoked without fertilizer), as well as in free water and on dry land.

The main point of view in the proper choice of the places of the microclimatological stations was to be able to registrate with microclimatological measurements the altering effects of fertilizer treatments on the vegetation and the effects of conditions established for provocation of rice disease caused by *Piricularia*.

Evaluation of the data was made according to phenological phases. In July and August, we were able to observe the termination of the phenological phase called growing thick, the development of stems and the first phase of the period of the development of panicles, flowering and maturation.

In the variously treated crops (according to observations made by MRS I. SIMON the duration of the phenophases investigated was as follows (Table 1).

Table 1

Observing station	Growing thick	Development of stems	Development of panicles flowering and maturation
1. Lately seeded crop	10th July to 31st August	1st to 10th August	From 11th August
3. Copiously fertilized	18th June to 21st July	22nd July to 1st August	From 2nd August
4. Unfertilized	20th June to 19th July	20th to 31st July	From 1st August
5. Provocated and fertilized	9th July to 23rd July	24th July to 1st August	From 2nd August
6. Provocated and unfertilized	10th June to 19th July	20th to 27th July	From 28th July

Data from station 2 (free water) and from station 7 (dry area) and, in the case of processing macroclimatological data, those from station 3 were used for determining phenophases.

Station 4 was used as a checking for station 3 and station 6 was used as a checking for station 5.

Flooding of station 1 was only since middle August a uniform one, and, as a consequence, the data from this station may be compared only in the following time to those of the other stations. On every station, measurements of air temperatures, water temperatures and soil temperatures were carried out.

Air temperature has been measured at the 10 cm and 200 cm levels above the actual water surface and, in addition, at the "panicle level". The altitude of the panicle level varied in the course of plant development. At the panicle level, and, respectively, beneath this level, are located the most closed sections of the leaf zone, and this level is a radiation-absorbing and radiation-transforming active surface being the warmest, or, respectively, coldest level in the crop. During the period before the development of panicles, the panicle level is defined as the most closed region of the leaf zone.

Water temperature measurements were taken 1 cm below the water surface, at middle depth of the flooding water, and at the bottom. Water thermometers were screened against direct solar radiation.

Soil temperatures were measured in the soil below the water layer and in dry soil at the depths of 2, 5, 10 and 20 cm.

In each of these three media (i.e. air, water and soil) temperatures were measured by using platinum resistance thermometers.

In addition, measurements were executed on the following meteorological elements: atmospheric humidity, by using Assmann's psychrometer; duration of insolation, by using a Campbell—Stokes instrument; global radiation, by using Robitzsch's instrument; radiation balance, by using the balance-meter of Schultze; and wind velocity, by using a revolving-cup anemometer.

Instrumental measurements were supplemented by visual observation concerning nebulosity, cloud types and other meteorological factors.

Hourly measurements were taken by day and by night on a round-the-clock basis.

At the research site, also a climatological station has been erected equipped with direct-reading instruments, a recording thermometer and a pluviometer. On the climatological station, observations were executed only at the standard climatological hours.

Macrosynoptical Situation during the Observation Period

During the last days of June, an irruption of cold air-masses from the NW was experienced in Central Europe. As a consequence, the daily mean temperature at Budapest was 7,5 centigrades below normal. On the research site, daily mean temperature was equal to 14,3 °C. During the first half of July, warmer air-masses have been advected to the continent, a slow increase in temperature was experienced and the daily mean temperatures reached on July 6th the normal value. Subsiding air-masses in a high-pressure system extending from Central Europe to the Black Sea brought during the period 6th to 12th July for the greater part of Europe a clear and dry weather.

Only on July 13th, some cooler air-masses arrived to the Carpathian Basin and in the afternoon, country-wide showers and thunderstorms occurred. At the research site, during several days various amounts of precipitation were observed and the mean temperature varied between the limits of 16 and 23 degrees centigrade. On July 25th, a slow increase in temperature began with decreasing nebulosity and increasing insolation. On the 29th July, a convergence zone over Central Europe and the Balkan Peninsula created favourable conditions for the formation of showers and thunderstorms. Up to the end of the month, rather weak showers and thunderstorms occurred in the whole area of the country, followed by a warm spell with logical thunderstorms.

On the 4th and 5th August, the invasion of cooler air-masses of oceanic origin caused a decrease in temperature. Following this, a rapid rise of temperature occurred and the maximum temperature of the two-month period was reached (33,8 degrees centigrade).

In the period between the 8th and the 17th August, the arrival of several cold fronts caused again a weather situation characterized by transient nebulosity and variable daily mean temperatures. On the 18th August, the cooler air-masses stop-

ped their movement over the Black Sea area, the invasion of further cold air-masses ceased and subsidence caused a spell of dry and clear weather. Up to the end of the month, further three dry cold fronts of oceanic origin occurred, impeding a more intensive rise in temperature.

The monthly mean temperature of July 1971 was by 1,3 degrees centigrade

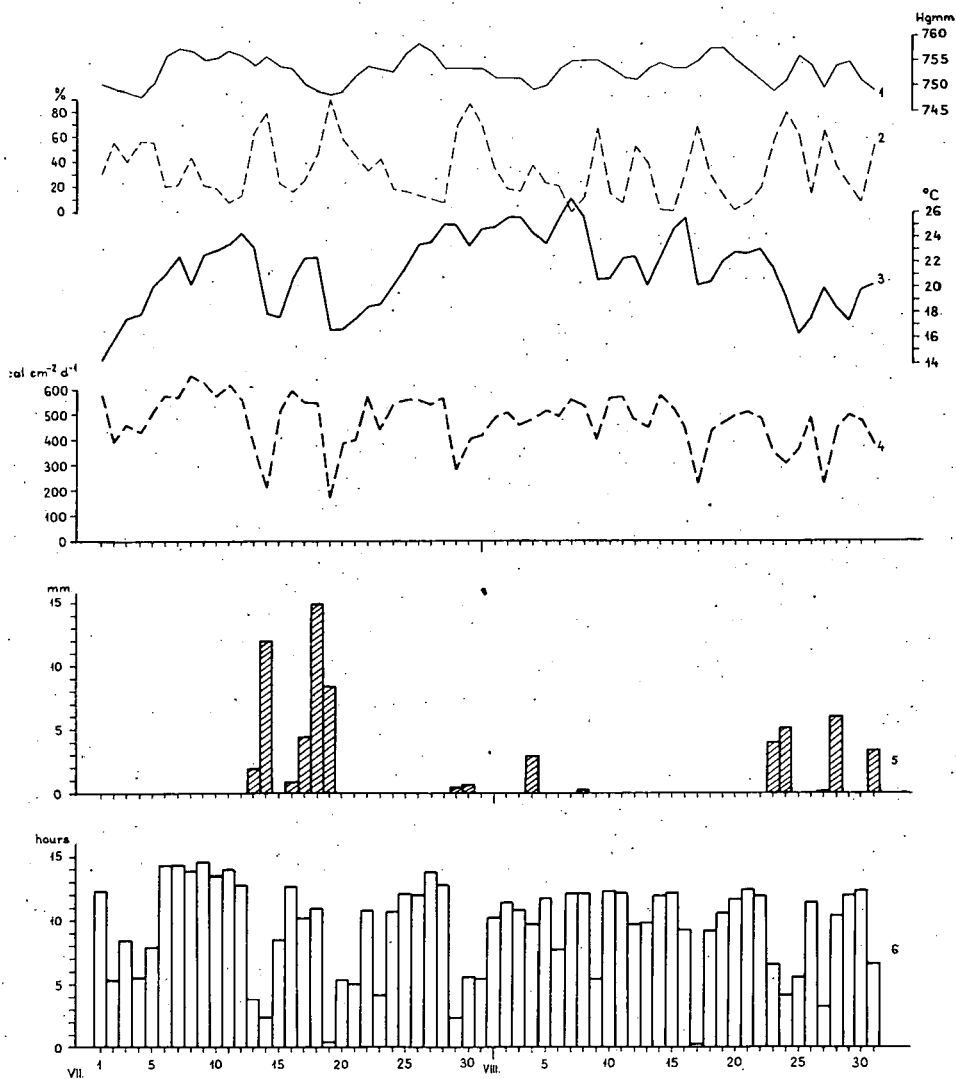


Fig. 1. Variation of meteorological elements at the research site in Szarvas, July–August 1971

- 1=atmospheric pressure, including correction for the dilatation of the mercury column
- 2=nebulosity
- 3=daily mean temperature
- 4=global radiation
- 5=precipitation amount
- 6=number of insolation hours

lower and that of August 1971 was by 0,8 degree higher as compared to the fifty-year normal values of the meteorological station Szarvas-Bikazug. Precipitation amount in July was about normal, in August, however, it was by 50 per cent lower than normal.

Figure 1 is yielding detailed information on the variation of meteorological elements at the research site during the two months in question (the value of atmospheric pressure, corrected of course for thermal dilatation of the mercury column, was taken from the meteorological station Szeged-University).

Both in July and in August, nebulosity was rather variable. Taking three classes of nebulosity (i.e.: between 0 and 30%, "fair"; between 31 and 60%, "cloudy", and between 61 and 100%, "overcast" days), we had, in July, 45,2% fair days, 35,4% cloudy days and 19,4% overcast days. In August 56,1% fair days, 25,0% cloudy days and 18,9% overcast days occurred.

During the rainy and overcast periods, the amount of total radiation was lower than the following value:

$$300 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{day}$$

Sustainedly high values of the diurnal mean temperature occurred mainly in the third ten-day period of July and in the first ten-day period of August. The absolute maximum of temperature (33,7 degrees centigrade) were reached in the second period, on the 7th August.

Radiation Conditions

The study of the radiation conditions at the research site is contributing to a clear understanding of the temperature conditions prevailing in the microclimatical space of a rice crop. Under the immediate influence of radiation, the surface, the surface-near air layer and the water layer are exhibiting a peculiar diurnal temperature variation, and these factors are, accordingly, controlling the temperature conditions in the lower water layer and in the soil beneath the water.

An analysis of radiation data is supporting the investigation of crop microclimates conducted on the basis of extreme values and hourly mean values.

Within the research site, radiation-balance-meters were located on the dry area (station 7) at the 200 cm level, while in the crop they were placed at the panicle level.

The total (short-wave and long-wave) radiation balance on station 7 is shown for the various phenological phases on Figure 2 (the phenological phases are corresponding to these observed on station 3, the values given are the hourly means of the corresponding phenological phase).

During the phenological phases of growing thick and of stem development the energy intake of the surface is greatest between 11 and 12 a.m. During the phase of panicle development and flowering, however, the highest energy intake is encountered between 10 and 11 a.m. The maximum value of the radiation balance is reached during the phenophase of stem development at noon, its value is approximately the following:

$$50 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{hour}$$

The sum of the global radiation ($I+H$, I being the direct and H the scattered radiation) and the Gegenstrahlung (G) is in a rice crop not the same as on a dry

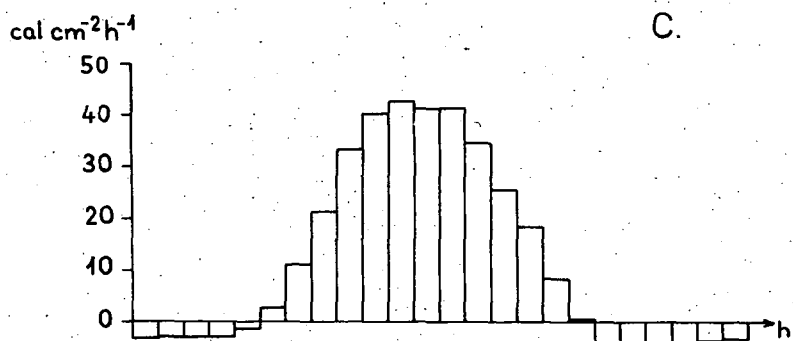
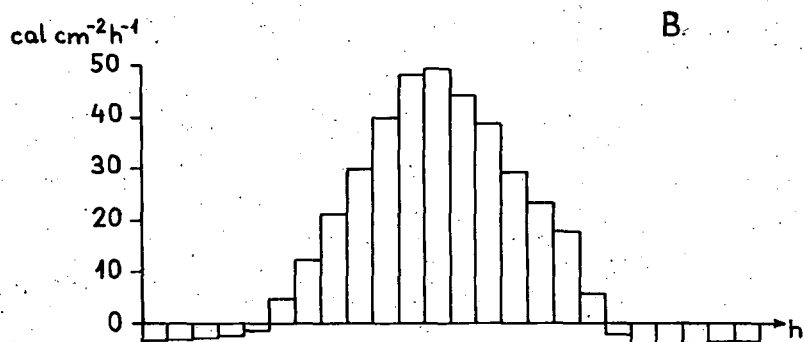
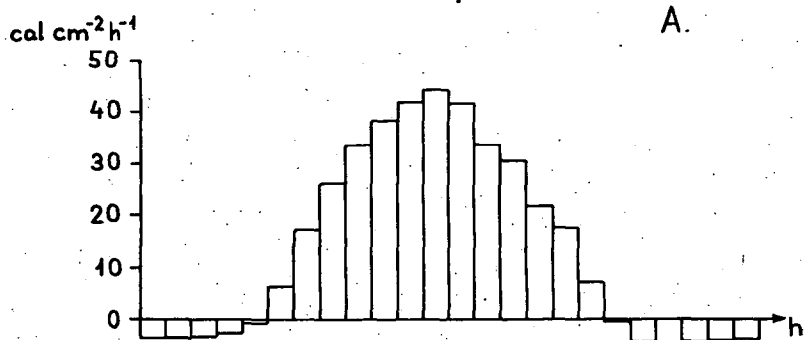


Fig. 2. Radiation balance for the various phenological phases on a dry area
 A=phenological phase of growing thick
 B=stem development
 C=panicle development, flowering, maturation

area (it would perhaps be more correct to call this value "total radiation arriving downwards" and, because the instrument was placed at the "panicle level", the radiation balance is influenced also by long-wave radiation from leaves and other plant organs which are located over the instrument), that is, in our case the so-called Gegenstrahlung is not exclusively consisting of radiation emitted by the atmosphere (Table 2). From these data it appears that the sum

$$I+H+G$$

is at night higher and at day-time lower than on a free area. Accordingly, at the panicle level, the contrasts between day and night are less sharp than on a free area.

Therefore, it may be stated that with the development of the plants the difference between the rice crop and the free area in the total energy intake on the active surface (that is, on the soil and on the panicle level, respectively) is increasing.

Table 2

Values of (I+H+G) measured in a rice crop, expressed as percentages of the corresponding values measured on a dry area.

F.F. = phenophase

A = growing thick

B = development of stems

C = development of panicles

F.F time	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
A)	102,8	103,2	103,2	101,2	101,1	93,6	88,8	89,5	88,3	94,3
B)	106,3	105,7	106,9	106,6	104,0	91,0	81,4	77,7	76,0	72,9
C)	108,5	108,6	108,9	109,7	105,2	91,4	78,6	72,3	68,6	65,2
	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	
A)	95,5	95,1	93,7	89,2	85,5	87,0	83,5	87,6	95,3	
B)	79,7	83,8	76,0	72,2	76,6	73,9	77,1	88,3	101,8	
C)	66,2	66,1	66,0	66,2	69,3	72,3	78,7	93,4	109,6	
	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24					
A)	101,5	101,2	100,3	100,6	101,2					
B)	108,0	107,1	106,9	108,0	106,9					
C)	110,4	110,5	111,0	109,8	109,1					

Investigation of Crop Temperatures According to Phenological Phases Extreme Values of Air Temperature

R. WAGNER's (1965, 1966) and M. DZAPBASBAEV's (1969 b) earlier statements (according to which, on rice fields, the amplitudes of temperature variations are lower than on dry areas) are supported by an investigation of the values of air temperatures. This statement is valid for the whole of the microclimatic area of the rice crop.

In a rice crop, diurnal temperature maxima are lower and the minima are, under the influence of the crop and of the water layer, higher than on a free area.

Taking the maxima, minima and amplitudes of the climatological station on the experimental site (middle values for the corresponding phenophases) to be 100%, and comparing them to the corresponding data of the four rice crops that were seeded at the same time (again middle values for the phenophases), we are obtaining results that are in agreement with the above statements (Table 3).

Table 3

Station	Pheno- phase	Macrostation (100%)			10 cm			Panicle level			200 cm		
		max. °C	min. °C	ampl.	max. %	min. %	ampl. %	max. %	min. %	ampl. %	max. %	min. %	ampl. %
7.	A)	24,8	14,3	10,5	112,1	85,3	148,6	110,5	88,1	140,9	102,4	90,2	119,0
7.	B)	27,8	16,9	10,9	112,2	85,2	154,1	111,2	87,6	147,7	103,2	89,3	124,8
7.	C)	27,6	15,9	12,2	114,5	86,8	145,8	113,4	88,1	141,8	104,7	91,2	118,0
2.	A)	24,8	14,3	10,5	105,2	94,4	120,0	104,8	91,6	122,9	103,2	92,3	118,1
2.	B)	27,8	16,9	10,9	102,2	90,5	120,2	102,2	88,8	122,9	100,7	88,8	119,3
2.	C)	27,6	15,9	12,2	105,1	95,0	113,9	104,7	93,1	115,6	103,3	87,4	119,7
3.	A)	24,8	14,3	10,5	103,2	99,3	108,5	106,0	91,6	125,7	102,0	94,4	112,4
3.	B)	27,8	16,9	10,9	95,3	95,2	95,4	100,4	88,7	118,3	98,6	89,3	112,8
3.	C)	27,6	15,4	12,2	89,4	109,0	64,7	103,3	92,8	116,3	100,0	96,7	104,1
4.	A)	25,2	14,4	10,8	107,1	95,8	122,2	106,7	95,1	122,2	102,7	94,4	113,9
4.	B)	26,5	16,1	10,4	102,3	93,1	116,3	103,0	90,1	123,1	98,1	89,4	111,5
4.	C)	27,6	15,5	12,1	103,3	103,2	103,3	103,9	96,1	114,0	101,1	96,7	106,6
5.	A)	24,7	14,3	10,4	104,9	102,1	108,6	104,5	87,4	127,8	100,4	90,9	113,4
5.	B)	28,8	17,6	11,2	93,1	98,9	83,9	102,4	88,1	125,0	98,6	90,3	111,6
5.	C)	27,6	15,4	12,2	93,5	108,4	74,6	104,0	90,3	121,3	100,0	92,8	109,0
6.	A)	25,2	14,4	10,8	103,5	93,5	117,5	101,1	90,2	115,7	98,8	91,5	108,3
6.	B)	24,9	14,5	10,4	105,6	93,7	122,1	106,0	88,2	130,7	98,7	88,2	113,4
6.	C)	27,9	16,0	11,9	97,8	105,6	87,3	102,5	90,0	119,3	97,8	91,2	106,7

Maxima for the dry area and the free water are exceeding, in each phenophase, the maxima of the climatological station. The difference is decreasing with increasing height. At the 10 cm level and at the panicle level this difference is greater for the dry area and smaller for the free water surface.

The minima, however, are lower both over the dry area and over the free water surface than at the macroclimatological station. As a result, the diurnal amplitude of temperature variation is on the dry area by 40 to 50% higher and over the free water surface by 15 to 25% higher than on the climatological station.

Within the crops, a different situation is encountered. At station 3 (strongly

fertilized crop) and on station 5 (provocated and fertilized crop) on the 10 cm level, in consequence of the richer vegetation, the maximum is, during the phenophases of stem development and of panicle development, flowering and maturation, essentially lower than on the dry area or over the free water surface. During the phenophase of growing thick, maxima are nearly identical one to the other.

At station 4 and at station 6 (unfertilized and, respectively, provocated and unfertilized crops) the difference on the 10 cm level is unimportant for each phenological phase. The minima, however, are lower on the dry area than within the crop. At station 3 (copiously fertilized crop) and at station 5 (provocated and fertilized crop) the amplitudes are, beginning with the stem development, lower than on the dry area and over the free water surface. The greatest difference in this respect is experienced at the time of panicle development, flowering and maturation, which could be attributed to a decrease in the nocturnal cooling caused by the more closed crop.

At the panicle level, maxima are in each crop higher and minima are lower than those observed at the macroclimatological station. Compared to the dry area within the crop maxima are lower and minima are higher. Compared to the free water surface, this difference is of course smaller. Within the crops, the panicle level is becoming the active surface, minima are at this level the lowest ones. The amplitude of the diurnal temperature variation is at the panicle level higher than on the 10 cm and 200 cm¹ levels. In the more strongly fertilized crops this phenomenon is observed already during the phenophase of growing thick. In the crops which received less fertilizer, the amplitude of temperature is highest at the time of stem development, which is equally a consequence of the differences in the closing of the crops.

At the 200 cm level, the difference against the macroclimatological station is a lower one, the amplitudes are here smaller.

To sum up, we may state that the extreme values of air temperatures are deviating, under the influence of the flooding water and of the crop from those observed at a dry area or over a free water surface. The more strongly manured crops are developing more abundant vegetative parts, and, as a consequence, at the 10 cm level, a higher shadowing occurs which is leading, together with the influence of water, to a decrease in the amplitudes. On the other hand, at the panicle level, under the influence of direct irradiation, the amplitudes are larger. At the time of growing thick, in the lower levels, maxima are higher and minima are lower. During the later periods of plant development, the active surface is transferred toward the higher levels of the crop and, at this time, it is at this level where are experienced higher maximum and lower minimum values, leading to a larger value of the temperature amplitude.

Investigation of the Diurnal Temperature Variation by Using Trigonometric Polynomials

For the various crops, the analysis of the vertical distribution of temperature will be carried out by using hourly mean values for the phenophases.

The majority of the continuous meteorological elements, and thus temperature as well, is exhibiting a diurnal variation of the periodical type. Accordingly, we are using for the processing of data, the method of an approximation by trigonometric

polynomials (an approach which has been described by K. JORDAN in 1949 using an example of climatological data).

The type of the approximating function is as follows:

$$f(x) = u_0 + u_1 \sin(U_1 + 15x) + u_2 \sin(U_2 + 30x)$$

where

$$u_0 = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} y_i$$

(y_i being the temperature value measured at the i -eth hour);

u_1 and u_2 are the coefficients of the trigonometric functions;

x is the time of measurement;

U_1 and U_2 are transformation parameters of the function.

By using the hourly mean temperatures of the phenophases for the following levels:

in the air at the 10 cm level, at the panicle level and the 200 cm level;

in the water at the depth of 1 cm below the surface, at the middle depth of the water layer, and at the water bottom;

and *in the soil* under the water at the depths of 2, 5, 10 and 20 cm,

we are computing on the basis of the hourly mean values of the phenophases the values $f(x)$ and we are drawing a smoothed curve. In every case, we are showing the curves for the stations 3 to 6 for the various phenological phases. Thus, we are able to reach conclusions concerning the differences in temperature distribution caused through the various conditions prevailing in the respective crops for a given phenophase or, respectively, among the phenophases. (The calculations were executed on the computer of the Cybernetical Laboratory of the József Attila University at Szeged.)

Every trigonometric polynomial is representing a given type of temperature behaviour, from which one is able to read, on the one hand, the characteristic points (such as maximum, minimum, the intersection point of the curve with the axis, as well as the amplitudes) and, on the other hand, the phase-shift of the characteristic points occurring at the various stations. In the course of evaluation, instead of the absolute magnitudes of temperature, the trends were taken into consideration.

In the diurnal variation of *air temperature* there is, during the phenological phase of *growing thick*, only a difference of 1,0 or at most 1,5 degree centigrade among the various crops, a difference which may be attributed to the differences in the dates of the beginnings of sprouting and growing thick. The phenophase of growing thick begins in the provoked crops by about 10 days earlier. This is leading, under the influence of the macrosynoptical situation, to important differences in temperature, and, as a consequence a comparison can be made, in this case, only within one and the same crop, in a vertical direction. At night, the largest difference between the 10 cm level and the panicle level is found in the provoked and fertilized crop. Only a smaller difference is found between the temperatures at the correspondent levels in the unfertilized and in the copiously fertilized crops. This may be explained by the earlier vegetation development of the provoked crop and, respectively, by the more rapid development of the copiously fertilized crop. At the 10 cm level, because of the development of the leaves, and under the influence of the moderating effect of these, the nocturnal decrease of temperature

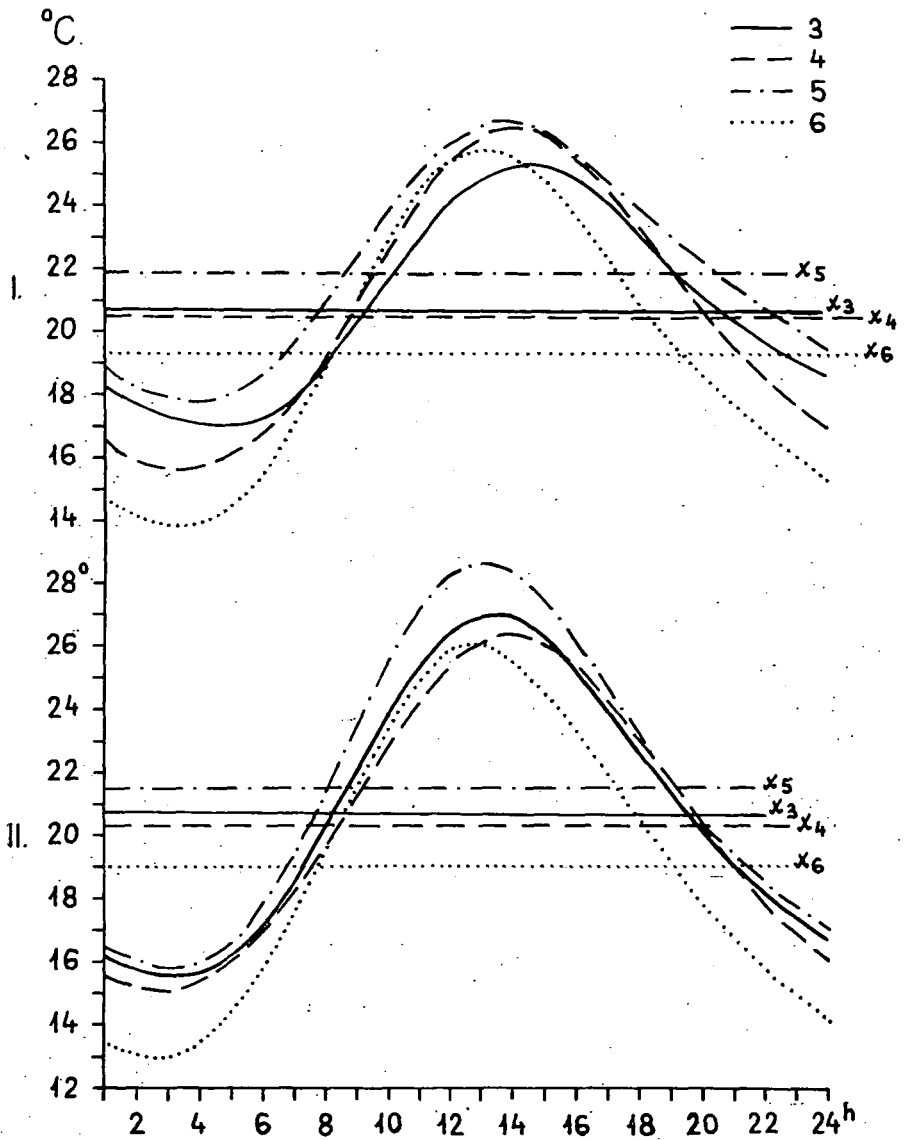


Fig. 3. Trigonometric polynomials for the phenological phase of stem development

I = 10 cm level

II = panicle level

3 = copiously fertilized crop

4 = unfertilized crop

5 = provoked and fertilized crop

6 = provoked unfertilized crop

is weaker than at the panicle level. At the 200 cm level, temperatures are of course lower than at the levels discussed previously, and the shape of the curve is nearly identical for the various crops. The maxima are occurring within one and the same crop at the 10 cm level and at the panicle level simultaneously about 01 p.m., with the exception of the unfertilized crop, where the maximum is occurring about 02 p.m. Already during the phenophase of growing thick it can be demonstrated that the amplitude of the polynomial is possessing its highest value at the panicle level, as a consequence of the circumstance that, at the 10 cm level, the nocturnal decrease of temperature is impeded by the presence of the developing foliage and, at the same time, it is not yet seriously hindering the strong day-time irradiation. At the panicle level, however, the nocturnal temperature fall is already stronger at the surface of the existing foliage than at the 10 cm level, and it is approximating also at day-time the corresponding values of the 10 cm level.

During the phenological phase of *stem development*, when the shift of the vegetation period is comports only some days, the trigonometric polynomials of hourly mean values are suitable for the comparison of the various crops (Fig. 3).

It is a conspicuous fact that in the case of the fertilized and of the provoked and fertilized crops the minima are higher ones than in the other two crops. In the maxima, a certain phase shift is observed. At the 10 cm level, the maximum is found earliest in the unfertilized crop (at noon), then follow, an hour later, the provoked and fertilized and the unfertilized crops, and latest occurs the maximum in the copiously fertilized crop (at 02 p.m.). Amplitudes are lower than at the panicle level. They are lowest in the unfertilized crop, in which the day-time rise and the nocturnal fall of temperature are more moderate. In the provoked and unfertilized crop (in which the vegetative parts are less dense ones) a stronger nocturnal temperature fall is occurring and this is increasing the value of the amplitude. At the panicle level, the nocturnal decrease of temperature is strongest in the unfertilized crop, in the remaining three crops it is weaker. At day-time, the panicle level of the provoked and fertilized crop is the warmest, followed by the copiously fertilized crop (in both cases, the vegetative parts are well developed). In the maxima of the unfertilized and of the provoked and fertilized crops there is a phase shift of one hour. At the 200 cm level, already the macroclimatical influences are prevailing and, consequently, the differences are unimportant ones.

During the phase of *panicle development, flowering and partly of that of maturation*, the vegetative parts are fully developed. A difference among the various crops is found only at the 10 cm level (Fig. 4). The panicle level is representing already in each of the four crops an active surface, the difference among the various crops is, at this level, a negligible one. At the 200 cm level, the trigonometric polynomials are entirely coinciding.

During the various periods of plant development, the variations of temperature are the strongest at the *panicle level* (Fig. 5).

During the phenological phase of growing thick, at each hour of the day, the highest temperatures are encountered still in the unfertilized crop, however, at the time of stem development, the temperature is higher in the provoked and fertilized and in the copiously fertilized crops. During stem development, temperatures in the period between 04 p.m. and 08 p.m. are nearly the same in all three of the crops mentioned. In the provoked unfertilized crops, air temperatures are only in the morning hours reaching, or, respectively, exceeding those in the unfertilized crop. During the phenophase of panicle development, flowering and maturation, already

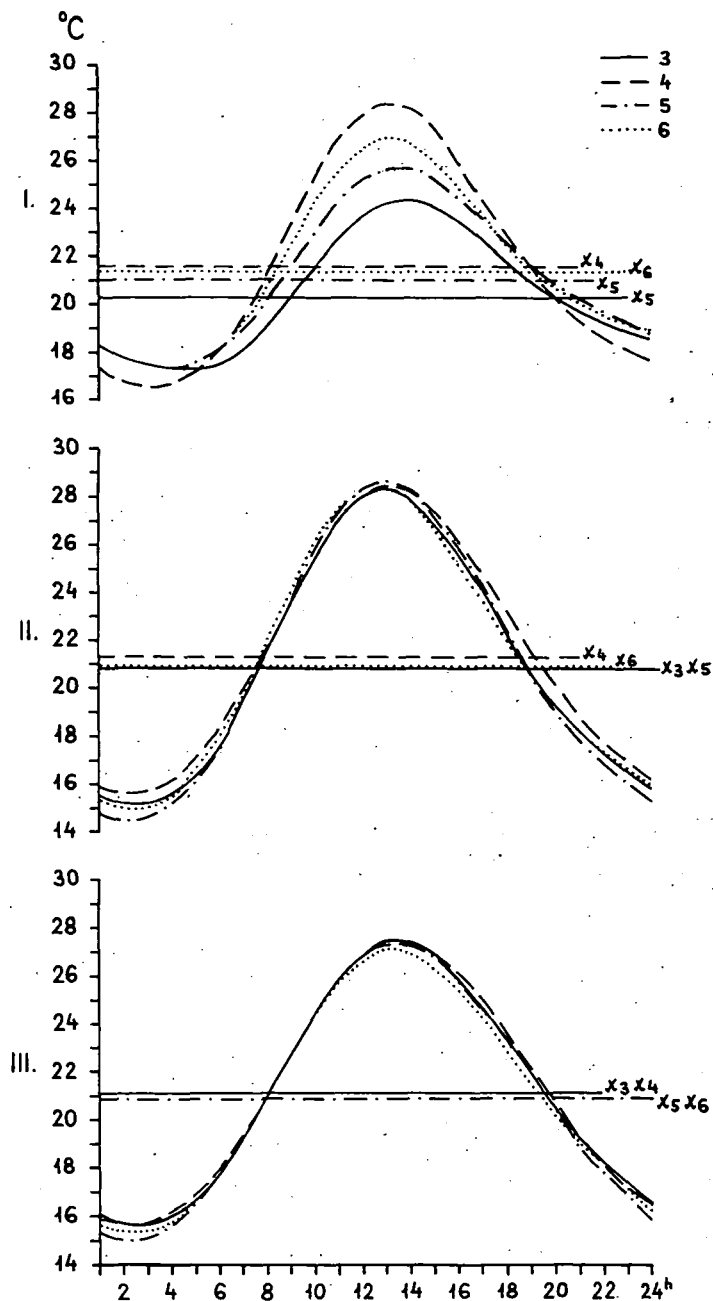


Fig. 4. Trigonometric polynomials of air temperature for the phenological phase of panicle development flowering and maturation

I = 10 cm level

II = panicle level

III = 200 cm level

3 = copiously fertilized crop

4 = unfertilized crop

5 = provocated and fertilized crop

6 = provocated unfertilized crop

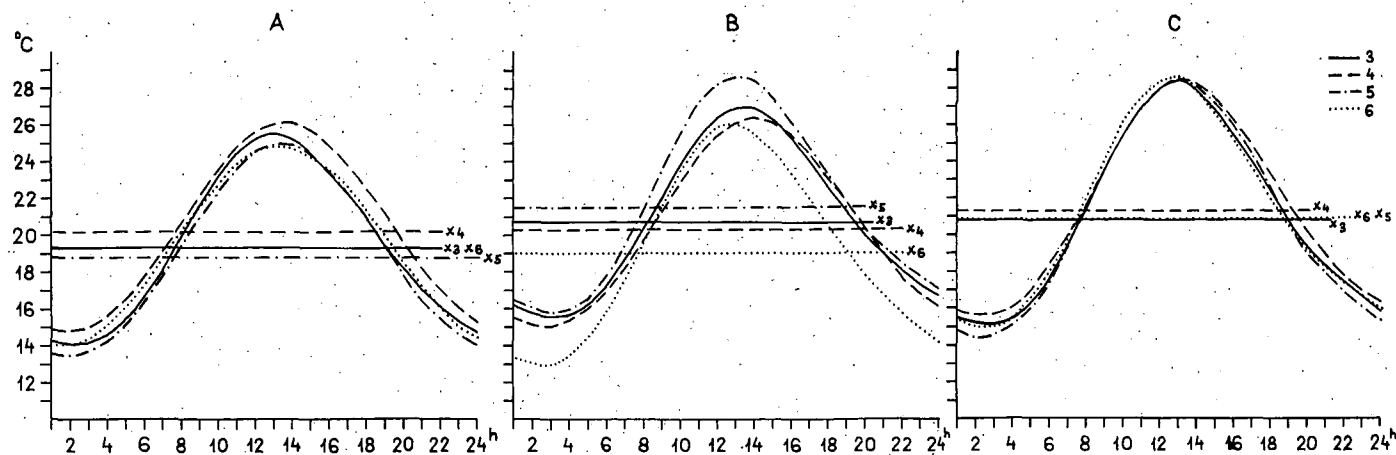


Fig. 5. Trigonometric polynomials of air temperature at the panicle level for various phenological phases.

A=phenological phase of growing thick
 B=stem development
 C=panicle development, flowering and maturation
 3=copiously fertilized crop
 4=unfertilized crop
 5=provocated and fertilized crop
 6=provocated unfertilized crop

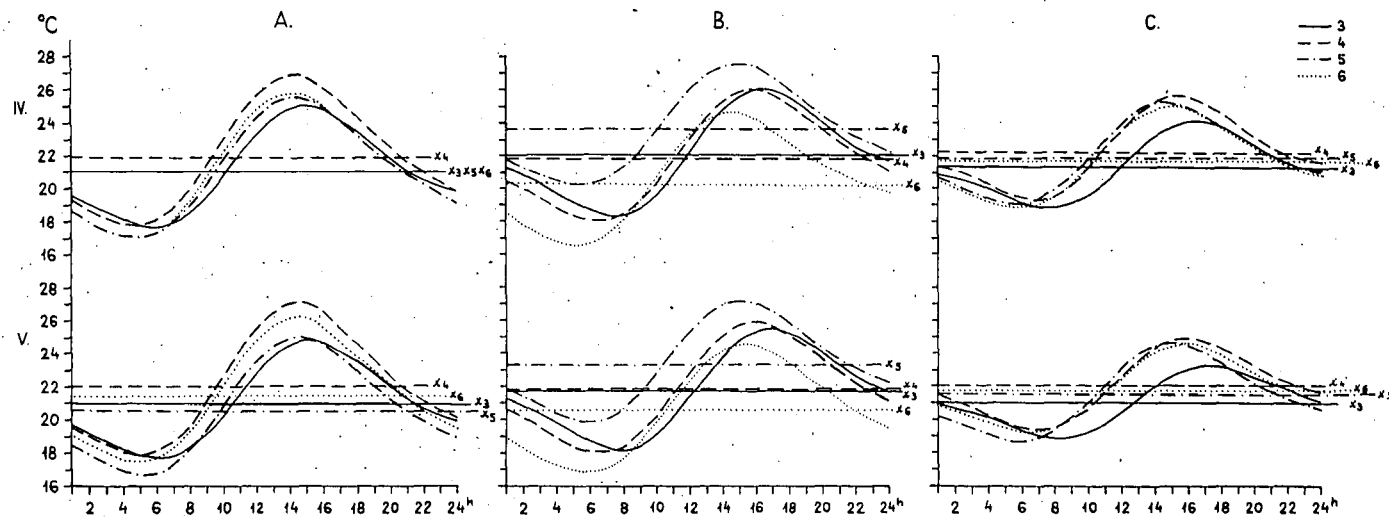


Fig. 6. Trigonometric polynomials of water temperature.

IV=at a depth of 1 cm below the water surface

V=at the middle depth of the water layer

3=copiously fertilized crop

4=unfertilized crop

5=provocated and fertilized crop

6=provocated unfertilized crop

in each of the four crops, nearly the same degrees of temperature increase and decrease are occurring.

Diurnal variations of *water temperature* are nearly the same beneath the surface and at middle depth (Fig. 6). Differences are again the consequences of differences occurring in the respective macrosynoptical situations. Within a given phase of development, however, the trigonometric polynomials are yielding an explanation concerning the plant development.

During the phenological phase of stem development, the water temperature was generally lowest in the provoked unfertilized crop. During the same phenological phase, however, the provoked and fertilized crop was the warmest one. The maxima occurred in both crops between 02 and 03 p.m. The minima are occurring between 05 and 06 a.m. In the non-provoked crops, there is a phase shift as compared to these crops. Both maxima and minima are occurring later. The latest occurrence of both the maxima and the minima is found in the copiously fertilized crops, which may be attributed to the shadowing effect of this crop. During the phenophase of panicle development, flowering and maturation, the strongly fertilized crop is exhibiting conditions which are different of those of the remaining crops. This is caused by the shadow effect of the rich vegetation. Amplitudes are during this phenophase in all the crops lower ones than those of the earlier periods.

On the water bottom, the moderating influence of the soil and of the whole water layer is already strongly prevailing, and the differences within the crops are lower ones.

The temperature of the water surface is influenced by two factors: on the one hand, by crop density or, respectively, its variation, and on the other hand, by the amount of flooding water. There is an interdependence between water temperature and soil temperature, which, in addition, is influenced by heat conduction from the lower soil strata. The amplitudes are here (as it is clearly shown on the figure) lower than in the case of air temperature.

The *temperature of the soil under the water* is controlled by the thickness of the flooding water layer, by the roots and by the heat stream in the soil. The amplitudes decrease with increasing depth. By reviewing the thermal polynomials for the phenological phase of panicle development, flowering and maturation (Fig. 7) it may be stated that in the more copiously fertilized crops, day-time temperatures are lower, which is a consequence of the density of vegetation, and, respectively, of its shadowing effect. This influence is more strongly expressed at the 2 cm and 5 cm levels. At night, again the soil of the two fertilized crops is colder. The amplitudes are decreasing with increasing depth, and the phase shifts of maxima and minima are well shown in the deeper layers. At the phases of growing thick and of stem development, the differences are consequences of the differences in the macrosynoptical situations.

The investigation of the temperatures of each of the three media (air, water, soil) is yielding data for the temperature variations during the various phenological phases. However, it must be taken into account that, during the particular phenological phases of the various crops, different weather conditions prevailed.

To sum up we are reviewing the behaviour of the polynomials of the unfertilized rice crop for each of the three phenological phases and for the whole microclimatological space of the rice crop (Fig. 8). On this figure, the diurnal temperature variation characteristic for flooded crops is well appearing for the three different media. In the air, at the 10 cm level and at the panicle level, there is, at the time of growing

thick, an isothermal layer, which is caused by the underdeveloped state of the vegetative parts. During the phenological phase of stem development, there is, at night, between the two levels in question, already appearing a difference in the diurnal temperature variation, in that, at the panicle level, the nocturnal fall of temperature becomes stronger, while, at the 10 cm level, the influence of the radiation emission from the foliage is prevailing. This difference is somewhat increased during the

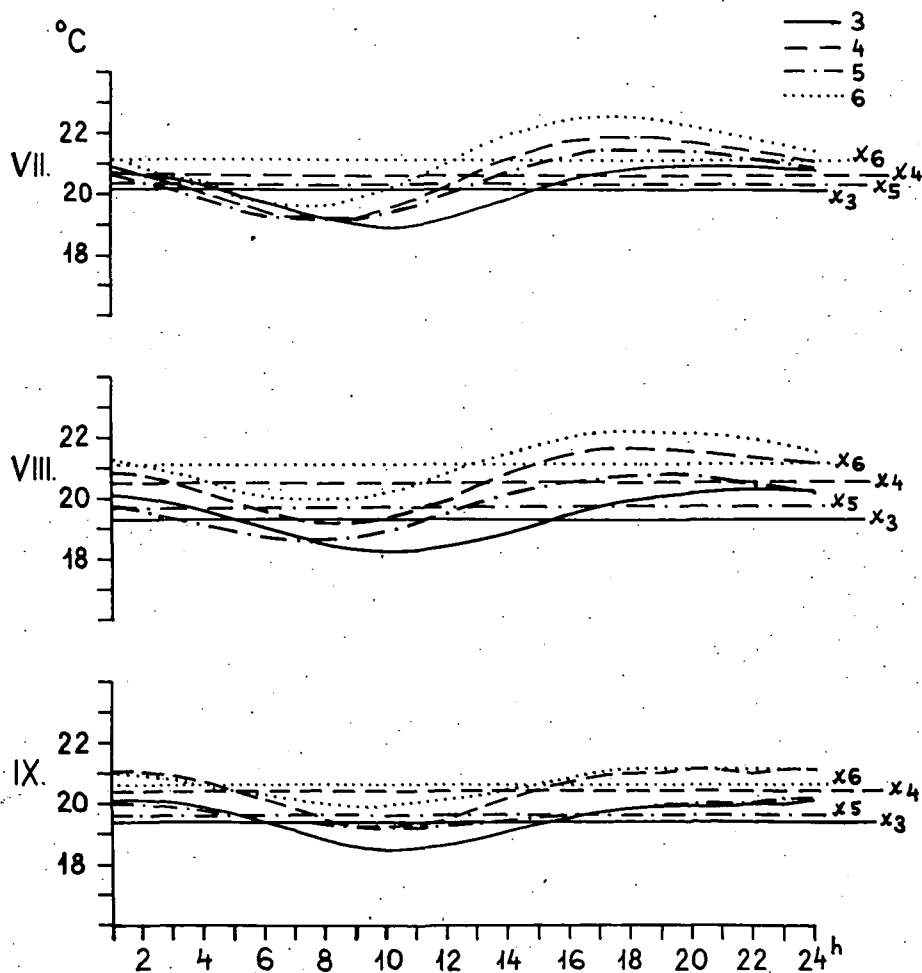


Fig. 7. Trigonometric polynomials for the temperature of the soil under the water

VII—at a depth of 2 cm

VIII—at a depth of 5 cm

IX—at a depth of 10 cm

3=copiously fertilized crop

4=unfertilized crop

5=provocated and fertilized crop

6=provocated unfertilized crop

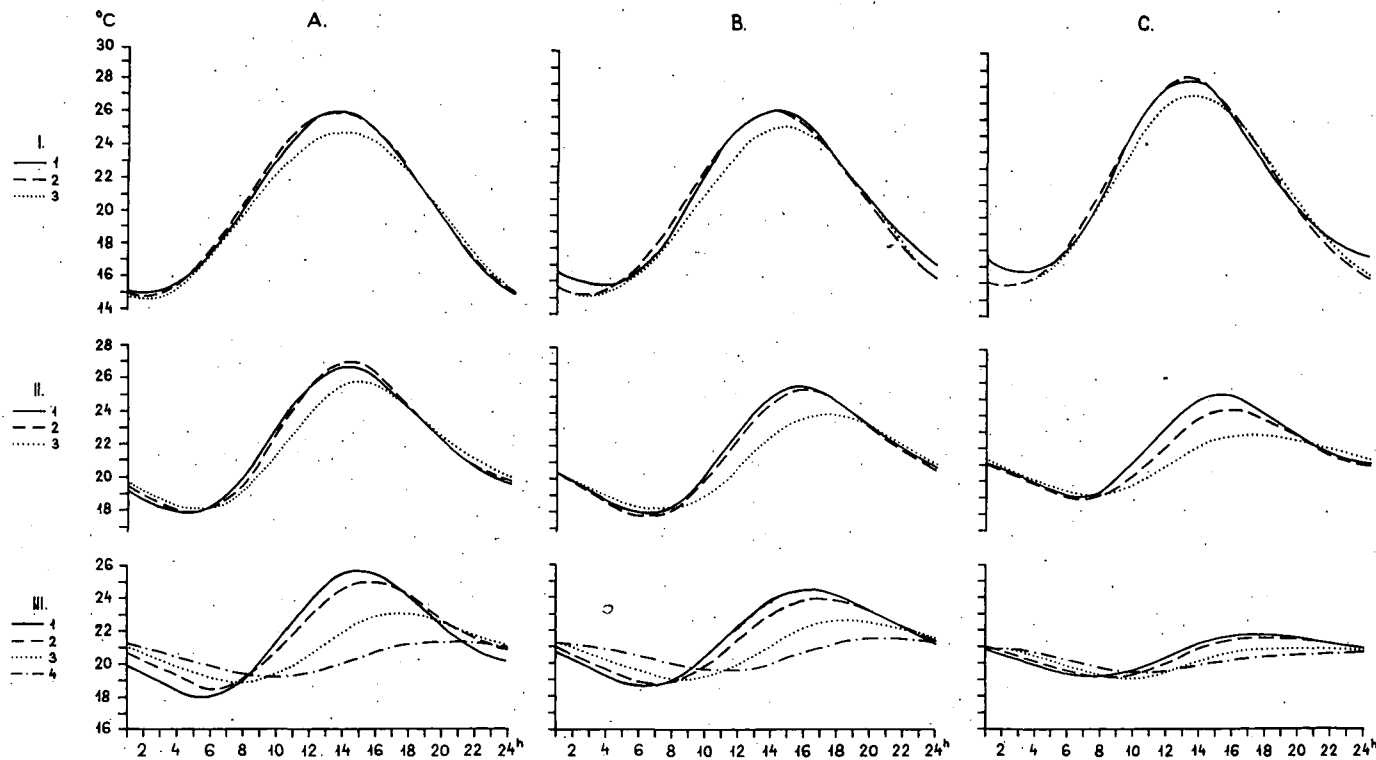


Fig. 8. Temperature polynomials for the microclimatic space in the case of a unfertilized rice crop, according to phenophases

A=phenological phase of growing thick

B=stem development

C=panicle development, flowering, maturation

I=air temperature: 1=10 cm level, 2=panicle level, 3=200 cm level

II=water temperature: 1=at a depth of 1 cm below the water surface, 2=at the middle of the water layer, 3=water bottom

III=soil temperature: 1=2 cm level, 2=5 cm level, 3=10 cm level, 4=20 cm level.

phenological phase of panicle development, flowering and maturation. Amplitudes at the 10 cm level and at the panicle level are highest during this phenological phase. At the level of 200 cm, temperature is, at day-time, lower than at the 10 cm level and at the panicle level, and, at night, we have there the same temperature as at the panicle level. The amplitude is also at the 200 cm level largest during the phenological phase in question, which is a consequence of the synoptical situation. Within the flooding water, amplitudes are lower than those of air temperature, and this statement is valid for the later phenological phases as well. At the water bottom a strong phase shift is already encountered, which is exhibiting a similarity to the variation of soil temperature at the depth of 2 cm. At a water depth of 1 cm and at the middle of the water layer, there exists in the two earlier phenological phases (i.e. growing thick and stem development) an isothermal layer, while during the phenological phase of panicle development, flowering and maturation there appears already a thermal stratification which is a consequence of the complete plant development. In the soil beneath the water, the temperature variation is different according to the various phenological phases, under an indirect influence of the crop and under the direct influence of the flooding water. During the phenological period of growing thick, we are still encountering a strong thermal stratification; as the influence of the crop is not prevailing in the water layer, minima and maxima are occurring at an early time. During the phenological period of stem development, minima and maxima are occurring at a later time, which is an indication of the increasing influence of crop development on the flooding water. During the phenological period of panicle development, flowering and maturation, the differences among various layers is essentially smaller, a phenomenon which may be explained by the complete development of the crop. As a consequence of the circumstances mentioned above, amplitudes are decreasing in the course of the later phenological phases.

In the figure, for the various phenological phases, the peculiarities of the diurnal temperature variation may be well followed in a vertical direction through the various media. It may be stated, that the amplitudes decrease with increasing depth most strongly during the phenological phase of panicle development, flowering and maturation, under the influence of the developed crop. During the phenological periods of growing thick and stem development, the influence of the crop is not yet exerting itself to a large extent in the soil (there is still a significant thermal stratification), whereas, during the phenological phase of flowering and maturation, the soil is entirely experiencing the influences of the crop and of the flooding water.

Conclusions

On the basis of the present investigation of rice crops, it may be stated that, during the various phases of plant development, there are differences both in the diurnal temperature variation and in the field of extreme values and amplitudes.

In air, at the 10 cm level, in the course of the development of the crops, the amplitudes are decreasing because of the increase in the shadowing effect. At the panicle level, however (as this level becomes the active surface), the amplitudes are gradually increasing. The temperature maximum also is transferred to this level. Diurnal temperature variation is exhibiting its largest changes at the panicle level.

Within the flooding water, during the earlier phenological phases, there exist still two isothermal layers, namely one beneath the water surface and the other at

the middle of the water layer. However, at the time of panicle development and maturation, already a thermal stratification is encountered.

The diurnal variation of the soil temperature is strongly influenced, in addition to the effect of the heat stream from below, by the thermal balance of the rice crop and by that of the flooding water.

In greater depths, the amplitudes are most strongly decreased during the phenological phase of panicle development and flowering.

REFERENCES

1. BÁRÁNY, ILONA (1971): Contribution to the climatological study of rice-growing in the region of Szeged. *Acta Clim. Univ. Szegediensis*, X. 57—68. p.
2. DRAGANOV, D.—J. CHILIKOV—G. STARIDOLSKI (1968): Vorhu njakoi ekolicsni iziszkvanija na najsiroko razprosztranenite v. juzsna Bòlgarija szortove oriz — Belardone i Pero. (Ecological investigation of the most widespread kinds of rice in Bulgaria, Belardone and Pero). *Naucsni Trud. Agron. Fak., Plovdiv*. 127—140. p.
3. JORDAN, K. (1949): Periodikus menetet mutató észlelések megközelítése trigonometrikus függvényekkel. (Approximation of observation data exhibiting a periodical behaviour by using a trigonometric function). *Időjárás*, 53. 226—231. p.
4. KRASNOOK, N. P.—V. V. PTASKIN—I. A. VISNJAKOVA (1971): Zaviszimoszt urozaja i kachestva semjan risa ot faktorov vnesnej sredü (Dependence of the crop yield and the quality of rice grains on the factors of outer environment) *Selekcija i Semenovodstva*. Izdat. Kolos, Moszkva. 67—68. p.
5. NALIVKO, G. V.—E. P. ALESIN (1971): Zaviszimoszt kachestva zerna risa ot prirodno-klimaticheskikh faktorov. (Dependence of the quality of rice grains on natural and climatical factors.) *Selskohozhajstvennaja Biologija*. Izdat. Kolos, Moszkva. 29—34. p.
6. OWEN, P. C. (1969): The growth of four rice varieties as affected by temperature and photoperiod with uniform daily periods of daylight. *Exp. Agric. London*. 85—90. p.
7. RÓNA, Zs. (1909): Éghajlat (Climate) Vol. I. II. Budapest.
8. WAGNER, R. (1957): Adatok a kopáncsi rizsföldek éghajlatához (Data on the climate of the rice fields at Kopáncs), *Időjárás*, 61. 266—277. p.
9. WAGNER, R. (1965): Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs, I. Teil (Soil, water and air temperatures at Kopáncs). Part I. *Acta Clim. Univ. Szegediensis*. IV—V. 1—81. p.
10. WAGNER, R. (1966): Die Temperatur des Bodens, des Wassers und der Luft in Kopáncs, II. Teil. (Soil, water and air temperatures at Kopáncs, Part II.) *Acta Clim. Univ. Szegediensis*. VI. 1—51. p.
11. DZAPBASBAEV, M. (1969a): Agroklimaticheskie pokazateli razvitija risa v Kazahstane. Problemü osvoenija rizov' v Szür Darü pod risovoje hozhajstvo Alma Ata. (Indices of agricultural climatology for the growing of rice in Khasachstane. Problems of rice plantation in the area of Sire Darja within the frame of the rice-growing estate of Alma Ata.) *Akademii Nauk*, 152—154. p.
12. DZAPBASBAEV, M. (1969b): Agroklimaticheskie uslovija proizrastanija risa v kontinentalnom klimáte. (Conditions of agricultural climatology for rice-growing in a continental climate.) *Gidrometeor*. Izdat. Leningrad.

ZUM PROBLEM DER KÜRZESTEN DÄMMERUNG

von

Ä. KISS

Summary: (*Contribution to the Problem of the Shortest Twilight.*) The author comes simply by an elementary mathematical method to the otherwise well-known solution of the problem of the shortest twilight.

Zusammenfassung: Der Verfasser gelangt durch elementare Mathematik auf kurzem Wege zur — übrigens schon bekannten — Lösung des Problems der kürzesten Dämmerung.

Die Dämmerung ist jene Periode des Tages während der die Sonne sich auf ihrer scheinbaren Himmelsbahn unter dem Horizont bewegt, aber ihre in der Atmosphäre zerstreuten Strahlen die Erdoberfläche erreichen. Sie ist die Periode des Überganges zwischen Tag und Nacht nach Sonnenuntergang und vor Sonnenaufgang. Der Übergang ist allmählich; mit der Zunahme der Sonnentiefe unter dem Horizont entfernt sich der von direkten Sonnenstrahlen durchdrungene Teil der Atmosphäre vom Beobachtungsort und immer weniger zerstreutes Licht erreicht die Erdoberfläche.

Das Ende der Abenddämmerung und der Beginn der Morgendämmerung fallen mit dem Zeitpunkt von 18° Sonnentiefe zusammen. Solange aber die Tiefe der Sonne unter dem Horizont nicht grösser ist als 6—6,5°, ist die Dämmerung so hell, dass man im Freien einen gedruckten Text lesen kann. Diese Periode der Dämmerung wird *bürgerliche Dämmerung* genannt, und die 18° Tiefe der Sonne unter dem Horizont ist die Grenze der *astronomischen Dämmerung*, da die Sterne nur am Ende der astronomischen Dämmerung in ihrer vollen Helligkeit gesehen werden. Im Morgensowie im Abenddämmerung bei gleicher Tiefe der Sonne unter dem Horizont unter gleichen atmosphärischen Verhältnissen ist auch die Helligkeit der Dämmerung gleich; darum werden wir uns hier nur mit der Dauer der Abenddämmerung befassen.

Der Zeitpunkt von 18° Sonnentiefe ist eine konventionell angenommene Grenze der Dämmerung, und der ist in den Rechnungen gebräuchlich. Dieser Zeitpunkt ist aber nicht eine scharfe und ständige Grenze der Dämmerung. Die Dämmerungshelligkeit nimmt bis 16° Sonnentiefe allmählich ab, von diesem Wert bis 18° Sonnentiefe wird nur kaum bemerkbar schwächer, aber in der Richtung des Azimuts der Sonne unmittelbar über dem Horizont kann der Himmel bis noch etwa 20° Sonnentiefe heller sein als die Nachthelligkeit des Himmels. Da das Dämmerungslicht zerstreutes Licht ist, kann die Beleuchtungsstärke des Himmels auf einer waagerechten Fläche vom momentanen physischen Zustand der Atmosphäre auch bei gleichen astronomischen Faktoren verschieden sein, und die Sonnentiefe beim Beginn oder Ende der Dämmerung schwankt um 18° unter dem Horizont.

Der physische Zustand der Atmosphäre aber kann die von astronomischen Faktoren, der *geographischen Breite des Beobachtungsortes* und der *Deklination der Sonne* bestimmte Dauer der Dämmerung nur in geringem Masse modifizieren.

In unserer Arbeit wird die atmosphärische Refraktion bei der Bestimmung der Dauer der Nacht und der Dämmerung sowie bei der Bestimmung der geographischen Breitengraden im Zusammenhang mit diesen der Einfachheit halber ausser Acht gelassen und die Sonne mit ihrem Mittelpunkt ersetzt.

Im Sommerhalbjahr (wenn die Sonnendeklination in der Richtung des Himmelpols der Hemisphäre des Beobachtungsortes gemessen wird) verlängert sich die Dauer der Dämmerung zusammen mit der Zunahme der geographischen Breite des Standortes und der Deklination der Sonne. Die Dauer der Dämmerung kann aber nur so lange wachsen wie die Dämmerung sich nicht auf die ganze Nachtperiode verbreitet.

Wenn die Sonne sich bei unterer Kulmination 18° oder weniger unter dem Horizont befindet, füllt die Dämmerung die ganze Nacht aus. Das geschieht, wenn die Summe der Werte der geographischen Breite des Beobachtungsortes und der Deklination der Sonne 72° gleich, oder grösser als

72° ist, als wenn $\varphi + \delta_\odot \cong 72^\circ$. (φ = die geographische Breite oder die Polhöhe des Standortes, δ_\odot = die Deklination der Sonne. Dieser letztere Wert wird im weiteren mit δ bezeichnet.)

Die die ganze Nacht ausfüllende Dämmerung ist dann am längsten, wenn sich die Sonne bei unterer Kulmination eben 18° unter dem Horizont befindet, d. h. wenn $\varphi + \delta = 72^\circ$. Wenn $\varphi + \delta > 72^\circ$, dann ist die Sonnentiefe bei unterer Kulmination kleiner als 18° , und zwar um einen Wert $\varphi + \delta - 72^\circ$ kleiner; also wenn der Wert der Polhöhe des Standortes und der Deklination von dem entsprechenden Wert der Gleichung $\varphi + \delta = 72^\circ$ weiter wächst, dann nimmt die Dauer der Nacht und damit auch die der Dämmerung ab.

Im Sinne des obigen ist $48,5^\circ$ die niederste geographische Breite wo es im Laufe des Jahres mindestens einmal um die Sommersonnenwende die ganze Nacht hindurch eine Dämmerung gibt (wenn die grösste Deklination der Sonne der Einfachheit halber als $23,5^\circ$ angenommen wird). Dementsprechend verlängert sich die Dauer der Dämmerung unter den Breiten nicht höher als $48,5^\circ$ im Sommerhalbjahr mit der Zunahme der Deklination der Sonne bis zur Sommersonnenwende.

Unter den Breiten höher als $48,5^\circ$ beim Wert $\delta = 72^\circ - \varphi$ gibt es Dämmerung die ganze Nacht hindurch, und die Dauer der Dämmerung vom Wert $\delta = 72^\circ - \varphi$ nimmt mit der Zunahme der Deklination zusammen mit der Dauer der Nacht ab.

Unter 72° geographischer Breite verbreitet sich die Dämmerung auf die ganze Nacht schon bei 0° Sonnendeklination und mit der Zunahme der Deklination nimmt die Dauer der Dämmerung zusammen mit der Dauer der Nacht schon von der Frühjahrs-Tagundnachtgleiche an ab.

Unter den Breiten grösser als 72° hat die Sonne südliche (in der Richtung des entgegengesetzten Pols gemessene) Deklination wenn die Dämmerung die ganze Nacht ausfüllt.

Wenn der gesamte Wert der Polhöhe des Standortes und der Deklination der Sonne 90° oder grösser als 90° ist, also wenn $\varphi + \delta \cong 90^\circ$, ist die Sonne zirkumpolar über dem Horizont. Da es da keine Nacht ist, gibt es auch keine Dämmerung.

Die niedrigste geographische Breite, wo die Sonne um die Sommersonnenwende zirkumpolar ist, ist $66,5^\circ$. Die Dauer der Zirkumpolarität nimmt von $66,5^\circ$ Breite an mit zunehmender Polhöhe zu.

Während des Jahres beginnt die Zirkumpolarität der Sonne mit zunehmender Deklination, beim Wert $\delta = 90^\circ - \varphi$, und endet mit abnehmender Deklination, ähnlicherweise beim Wert $\delta = 90^\circ - \varphi$. Die Punkte mit gleicher Deklination sind in gleichem Abstand vom Sonnenwendepunkt auf der Ekliptik; daher sind das Beginn und das Ende der Zirkumpolarität in der Zeit symmetrisch in bezug auf die Sonnenwende.

Im Sommerhalbjahr ist die Veränderung der Dauer der Dämmerung trotz dem obigen verhältnismässig einfach, da wenn wir uns mit der Zirkumpolarität der Sonne über dem Horizont nicht befassen, weil sie nur die Frage beantwortet, wann es mangels einer Nacht keine Dämmerung gibt, und wenn man die Veränderung der Dauer der Dämmerung nur bis dann untersucht wenn die Dämmerung die ganze Nacht ausfüllt, wenn ihre Dauer im Vergleich zur Dauer der Nacht nicht zunehmen kann aber auch nicht abnimmt, dann kann man feststellen, dass im Sommerhalbjahr die Dauer der Dämmerung mit der Polhöhe des Standortes und der Deklination der Sonne zunimmt.

Im Winterhalbjahr ist die Veränderung der Dämmerungsdauer komplizierter auch wenn wir uns mit der Zirkumpolarität und der die ganze Nacht ausfüllenden Dämmerung nicht beschäftigen. Aber im Winterhalbjahr darf man diese nicht ausser Acht lassen.

Die Schwierigkeit in der Erkennung der Dämmerungsverhältnissen des Winterhalbjahres entsteht dadurch, dass mit der Zunahme der Deklination der Sonne im Winterhalbjahr die Dauer der Dämmerung nach der Herbstnachtgleiche von der Polhöhe abhängig bis zu einem „gewissen“ Deklinationswert ab, dann wieder zunimmt. Ähnlicherweise, innerhalb eines „gewissen“ Wertes der Sonnendeklination, also eine Zeitlang nach der Herbstnachtgleiche (und vor der Frühlingsnachtgleiche) nimmt die Dämmerungsdauer mit der Zunahme der Polhöhe von der Deklination abhängig bis zu einer „gewissen“ geographischen Breite ab, dann mit weiterer Zunahme der Breite wieder zu. Wenn die Deklination der Sonne grösser ist als der oben erwähnte „gewisse“ Wert, dann nimmt die Dämmerungsdauer mit der Zunahme der Polhöhe zu.

Der portugiesische Mathematiker NUÑEZ hat schon 1542 in seinem Buch „De

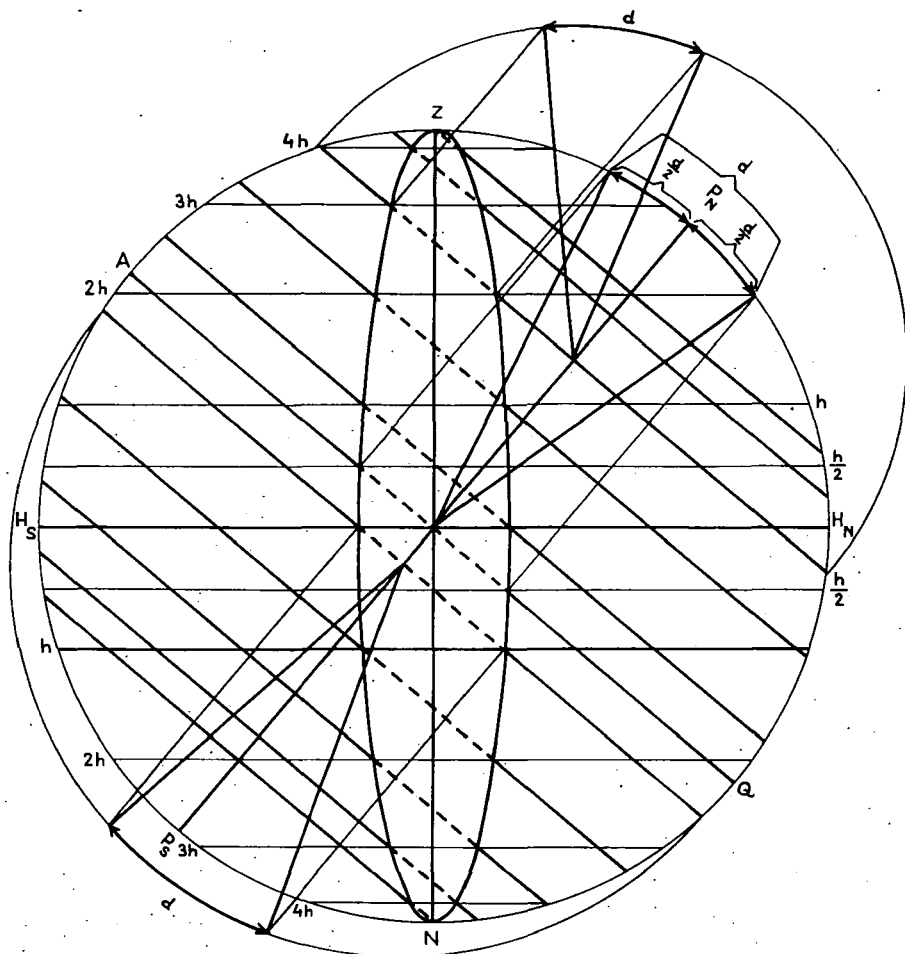
crepusculis“ die Frage aufgeworfen, an welchen Tag des Jahres an einem Ort gegebener geographischer Breite die Dämmerung am kürzesten ist. NUÑEZ selbst konnte auf die Frage nicht antworten. Nach ihm haben sich mehrere Forscher während fast zwei Jahrhunderte mit der Lösung des Problems beschäftigt, aber ohne Erfolg. Endlich löste JOHANN BERNOULLI das Problem mit Differentialrechnung, aber er erhielt einen schwer brauchbaren Erfolg. Nach STOLL (1): „Diese zuerst von Nuñez in seinem Werke *De crepusculis* gestellte Aufgabe wurde zum ersten Male nach jahrelangen Suchen von Joh. Bernoulli (*Opera* I, 64) gelöst (vergl. Wolf, *Handb. d. Math.* II. 178). Sowohl er, als auch andere hervorragende Mathematiker erhielten die Lösung nur durch Vermittelung einer schwer discutierbaren Gleichung des vierten Grades, deren Wurzeln eigentlich zwei von einander verschiedenen Aufgaben angehörten, die in der Beziehung von relativen Maximis und Minimis standen, ohne dass diese Beziehung von ihnen erkannt worden wäre. Der erste, welcher von den beiden correspondierenden Aufgaben wenigstens die eine in befriedigender Weise löste, war nach Wolf a.a.O. der verstorbene Kopenhagener Astronom d'Arrest (*Astron. Nachr.* 1085 von 1857); derselbe hat übrigens das bei seiner Lösung auftretende Maximum nicht berücksichtigt.“

In seinem 1883 veröffentlichten zitierten Werk löste STOLL die Aufgabe mit elementaren Mathematischen Mitteln bei guter Erkenntnis des Problems und erhielt eine sehr einfache Formel.

Als eine Folge der Einfachheit der Formeln von STOLL wird der Gedanke aufgeworfen, dass geometrische Zusammenhänge, die mit solchen einfachen Formeln ausgedrückt werden können, auch anschaulich sein müssen, und so das Problem der kürzesten Dämmerung gewissermassen anschaulich, mit noch einfacherem mathematischen Verfahren als das von STOLL gelöst werden kann. Dieses einfache Verfahren möchten wir hier darstellen.

Zwischen zwei Vertikalen, deren Azimut von dem ersten Vertikal nördlich und südlich gerechnet gleich ist, finden sich Abschnitte mit gleichen Bogengraden der Sonnenbahnen (oder Gestirnbahnen) an der Himmelsphäre des Beobachtungsortes gegebener geographischer Breite, und der Höhenunterschied zwischen den beiden Endpunkten der einzelnen Sonnenbahnschnitten ist auf allen Sonnenbahnen gleich; ferner ist das der kürzeste Bogen, der zwischen beliebigen zwei mit dem erwähnten Höhenunterschied gegebenen Punkten der Sonnenbahnen gemessen kann (Siehe Abb.) Das ist ein einfaches geometrisches Gesetz, das auch ohne sphärischen astronomischen Inhalt formuliert werden kann. Nämlich sind die Sonnenbahnkreise parallele Kugelnkreise, und die zwei Vertikalen bilden ein Kugelzweieck, dessen winkelhalbierender Grosskreis auf den durch den Pol der Parallelkreise und die Scheitelpunkte des Kugelzweiecks laufenden Grosskreis senkrecht ist. Die zwei Grosskreise des Kugelzweiecks schnitt gleiche Bögen aus den Parallelkreisen aus, der sphärische Abstand der zwei Endpunkte der einzelnen Bögen von den einzelnen Scheitelpunkten des Kugelzweiecks unterscheidet sich auf jedem Bogen mit gleichem Wert, ferner ist dies auf jedem Parallelkreis der kürzeste Bogen, auf dem der Unterschied zwischen den von den einzelnen Scheitelpunkten des Kugelzweiecks gerechneten sphärischen Abständen der zwei Endpunkten dem erwähnten Wert gleich ist.

Während der Dämmerung verändert sich die Höhe der Sonne um 18° . Im Sinne des Vorangehenden ergibt sich diese Höhenveränderung von 18° bei der kleinsten Änderung des Stundenwinkels auf einer Sonnenbahn einer Deklination mit der das vom ersten Vertikal gerechnete Azimut der Sonne in 0° Höhe und 18° Tiefe unter dem Horizont gleich ist, wenn am Beginn und am Ende der Dämmerung die Ebene



Die Abbildung stellt die auf die Ebene des Himmelsmeridians senkrecht projiziertes Bild der Himmelskugel, mit dem wahren Horizont, mit dem Himmelsäquator, mit Almukantaraten, Gestirnbahnen, mit dem ersten Vertikal und mit zwei vom ersten Vertikal gleichem Abstand befindlichen Vertikalen.

Die zwei Vertikalen bilden ein Kugelzweieck, dessen winkelhalbierender Grosskreis der erste Vertikal, auf dem Meridiankreis senkrecht ist, und demzufolge sind die zwischen den zwei Vertikalen befindlichen Bögen in Graden aller Gestirnbahnen gleich. Auch die Höhenunterschiede der beiden Endpunkte der sich zwischen den beiden Vertikalen streckenden einzelnen Bögen sind gleich. Diese Bögen sind zugleich die kürzeste Strecken der Gestirnbahnen, die zwischen beliebigen zwei mit dem erwähnten Höhenunterschied gegebenen Punkten der einzelnen Gestirnbahnen gemessen kann.

In der Abbildung sind die erwähnten Höhenunterschiede mit h bezeichnet. Die Projektionen der Halbkreise von drei Gestirnbahnen (einer unter ihnen ist der Himmelsäquator) sind auch auf die Meridianebene umgedreht dargestellt und ihre zwischen den beiden Vertikalen befindlichen Bögen auf die Halbkreise der entsprechenden Gestirnbahnen zurück-projiziert gezeichnet. Diese Bögen sind mit d bezeichnet.

Der Horizont halbiert den betreffende Bogen des Himmelsäquators und so dessen Strecke über dem Horizont und unter dem Horizont gleicherweise $\frac{d}{2}$ sind. Die Endpunkte des betreffenden Äquatorbogens sind in Höhe $\frac{h}{2}$ über dem Horizont und $\frac{h}{2}$ Tiefe unter dem Horizont.

Im Sinne des obigen ist es einzusehen, dass $\sin \frac{d}{2} = \frac{\sin \frac{h}{2}}{\cos \varphi}$. Ferner den vom ersten Vertikal gerechnete Azimut A_0 des Endpunktes des Äquatorbogens drückt die Gleichung $\sin A_0 = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$ fast anschaulich aus. Die Morgen- und Abendweite A_δ eines Gestirnes wird durch die Gleichung $\sin A_\delta = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$ ausgedrückt, und wenn der Azimut des Aufgangpunktes oder Untergangpunktes der Gestirnbahn dem Azimut des obenerwähnten Endpunktes des Himmelsäquatorbogens gleich ist, dann $A_0 = A_\delta$, also $\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$, und $\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$. Im Falle der Sonnenbahn ist der durch die Gleichung gedrückte Wert der Deklination, mit dem gelangt die Sonne in der kürzesten Zeit vom Horizont zu h Höhe oder von h Tiefe zum Horizont. Falls h mit 18° (oder 6°) substituiert wird, ist der Wert von δ mit dem am Tag der kürzesten astronomischen (oder bürgerlichen) Dämmerung gegebenen Deklinationswert der Sonne gleich.

des Azimutkreises der Sonne mit der Ebene des ersten Vertikals gleiche Winkel einschliesst. Zwischen diesen zwei Vertikalen — wie es zu sehen ist — sind zahllose Sonnenbahnbogen mit verschiedenen Deklinationen zu finden und auf jedem dieser Bögen ist die Höhenveränderung der Sonne 18° . Der Bogen des Äquators wird von dem Horizontkreis halbiert und die Höhe eines Endpunktes über dem Horizont und die Tiefe des anderen unter dem Horizont sind gleich, $\frac{18^\circ}{2} = 9^\circ$. Gleiche Bögen des Äquators über und unter dem Horizont drücken gleiche Änderung des Stundenwinkels aus.

Nun werde die Aufgabe verallgemeinert und statt des konkreten Wertes 18° werde eine Höhenveränderung h genommen. Die kürzeste, in Bogengraden der Sonnenbahn ausgedrückte Zeitdauer, während der die Höhe der Sonne (oder eines Gestirnes) sich mit einem Wert h verändert, werde mit d bezeichnet. Sowohl über wie auch unter dem Horizont erreicht die Sonne eine Höhenveränderung $\frac{h}{2}$ auf

einem Bogen von $\frac{d}{2}$ Grad, also mit einer Veränderung des Stundenwinkels $\frac{d}{2}$. Dem-

entsprechend $\sin \frac{d}{2} = \frac{\sin \frac{h}{2}}{\cos \varphi}$. Da jeder Sonnenbahnbogen zwischen Vertikalkreisen

mit vom ersten Vertical nördlich und südlich gleichem Azimut gleich lang ist, wenn für h 18° substituiert wird, wird als Resultat die Dauer bzw. die Hälfte der Dauer der Kürzesten Dämmerung in der gegebenen Breite erhalten.

Werde der Azimut des Punktes des Äquators von $\frac{h}{2}$ Höhe mit A_0 , der Azimut des im Horizont gelegenen Punktes des kürzesten Sonnenbahnbogens zwischen dem Horizont und dem Almukantarat von h Höhe mit A_δ bezeichnet (es handelt sich um die vom ersten Vertical gerechneten Azimuten). Nach dem obigen

$A_0 = A_\delta$ also

$\sin A_0 = \sin A_\delta$

$\sin A_0$ kann ausgedrückt werden aus der Gleichung

$$\operatorname{tg} \frac{h}{2} = \operatorname{tg} (90^\circ - \varphi) \sin A_0$$

$$\operatorname{tg} \frac{h}{2} = \operatorname{ctg} \varphi \sin A_0$$

$$\sin A_0 = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$$

$\sin A_\delta$ ist der Wert den Morgen- und Abendweite des Sonnenaufganges bzw. des Unterganges, wenn der Wert der Weite vom ersten Vertical gerechnet wird.

$$\sin A_\delta = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Aus dem obigen folgend

$$\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$$

$$\sin \delta = \cos \varphi \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$$

Unter einer gegebenen geographischen Breite gelangt die Sonne (oder ein Gestirn) mit so bestimmter Deklination in der kürzesten Zeit vom Horizont zu h Höhe oder von h Tiefe zum Horizont. Im Falle einer Veränderung der Tiefe unter dem Horizont ist die Deklination eine „südliche“. Falls h mit 18° (oder 6°) substituiert wird, ist der Wert von δ mit der am Tag der kürzesten Dämmerung gegebenen Deklination der Sonne gleich.

Die aus der Formel

$$\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2} \text{ erhaltene Gleichung}$$

$$\sin \varphi = \frac{\sin \delta}{\operatorname{tg} \frac{h}{2}} = \sin \delta \operatorname{ctg} \frac{h}{2}$$

bestimmt die geographische Breite in der die Sonne an einem gegebenen Tag des Jahres, also bei einer gegebenen Deklination, ihren Bahnbogen durchläuft in der kürzesten Zeit zwischen dem Horizont und dem Almukantarat in h Höhe über oder h Tiefe unter dem Horizont. Beim Substituieren des entsprechenden h Wertes ist die Dämmerung am kürzesten am Tag gegebener Sonnendeklination in der als Erfolg erhaltenen Breite.

In der Kenntnis der auf die kürzeste Dämmerung bezüglichen Zusammenhänge kann die Veränderung der Dauer der Dämmerung mit der Polhöhe und der Deklination der Sonne auch im Winterhalbjahr verfolgt werden.

Am Äquator gibt es kein Winterhalbjahr und Sommerhalbjahr, aber gibt es ein Halbjahr mit nördlicher und ein Halbjahr mit südlicher Sonnendeklination. Die Dauer der Dämmerung nimmt in gleichem Masse in beiden Halbjahren mit der Zunahme der Deklination zu.

In der Zone zwischen dem Äquator und 72° geographischer Breite nimmt die Dämmerungsdauer im Winterhalbjahr mit der Zunahme der Sonnendeklination bis zum durch die Gleichung $\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} 9^\circ$ bestimmten Deklinationswert ab, dann nimmt sie mit weiterer Zunahme der Deklination wieder zu, und diese Zunahme dauert unter den Breiten nicht höher als $66,5^\circ$ bis zur Wintersonnenwende. Die längste Dämmerung des Winterhalbjahres ist um den Mittwinter. Die längste Dämmerung des Winterhalbjahres ist unter den Breiten niedriger als $66,5^\circ$ kürzer als die längste Dämmerung des Sommerhalbjahres. (Wie es schon erwähnt wurde ist die längste Dämmerung des Sommerhalbjahres unter den Breiten höher als $48,5^\circ$ nicht um den Mittsommer.)

Unter $66,5^\circ$ Breite ist die Sonne um die Wintersonnenwende zirkumpolar unter dem Horizont und die Dämmerungsdauer ist dann länger als die längste Dämmerung des Sommerhalbjahres (die unter dieser Breite mit $5,5^\circ$ Sonnendeklination gegeben ist).

Unter den Breiten höher als $66,5^\circ$ beginnt die Zirkumpolarität der Sonne unter dem Horizont schon früher als die Wintersonnenwende, beim Wert der „südlicher“ Deklination, $\delta = 90^\circ - \varphi$ und das ist unter den Breiten höher als $66,5^\circ$ aber niedriger als 72° der Tag mit der längsten Dämmerung nicht nur im Winterhalbjahr, sondern im ganzen Jahr. So verkürzt sich die Dämmerungsdauer unter den erwähnten Breiten im Winterhalbjahr mit der Zunahme der Deklination bis zum

dem Zusammenhang $\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$ entsprechenden Deklinationswert, von da an verlängert

sie sich bis zum Wert $\delta = 90^\circ - \varphi$, dann verkürzt sie sich wieder bis zur Wintersonnenwende.

Unter den Breiten höher als 72° gibt es die ganze Nacht hindurch dauernde Dämmerung nicht nur im ganzen Sommerhalbjahr und an den Tagen der Tagundnachtgleiche, sondern auch im Winterhalbjahr bis zum Wert $\delta = \varphi - 72^\circ$. Da die Nacht im Winterhalbjahr mit der Zunahme der Deklination länger wird, verlängert sich auch die Dämmerung unter den Breiten höher als 72° bis zu einer Deklination die dem Wert $\varphi - 72^\circ$ entspricht, dann nimmt sie unter den Breiten

niederer als 81° bis zu einem der Gleichung $\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} \frac{h}{2}$ entsprechenden Deklinationswert ab, dann nimmt sie bis zum Wert $\delta = 90^\circ - \varphi$ wieder zu, und von dieser Deklination ab bis zur Wintersonnenwende nimmt sie wieder ab.

Unter 81° Breite fällt der Tag der ersten, die ganze Nacht ausfüllenden Dämmerung des Winterhalbjahres mit dem ersten Tag der Zirkumpolarität der Sonne unter dem Horizont zusammen, weil $81^\circ - 72^\circ = 90^\circ - 81^\circ$. So verlängert sich die Dauer der Dämmerung unter dieser Breite im Winterhalbjahr bis 9° Deklination. Dann gibt es Dämmerung den ganzen Tag, und die Zirkumpolarität der Sonne unter dem Horizont beginnt, während der die Dauer der Dämmerung bis zum Mittwinter abnimmt.

Es ist ersichtlich aus den obigen, dass die grösste Deklination, bis zu deren Wert im Winterhalbjahr die Dämmerungsdauer wo immer abnehmen kann, ist kleiner als 9° , da der Zusammenhang $\sin \delta = \sin \varphi \operatorname{tg} 9^\circ$ unter 81° Breite nicht mehr gültig ist, weil die tägliche Höhenveränderung der Sonne eben 18° ist, und die ganze tägliche Bahn der Sonne mit 9° Deklination zwischen dem Horizont und 18° Almukantarat liegt. Unter den Breiten höher als 81° erreicht die tägliche Höhenveränderung der Sonne 18° nicht.

Unter den Breiten höher als 81° ist $90^\circ - \varphi < \varphi - 72^\circ$ und die Zirkumpolarität der Sonne beginnt mit kleinerer Deklination als der grösste Wert der Deklination wobei noch die ganze Nacht Dämmerung gibt. Dementsprechend nimmt die Dämmerungsdauer im Winterhalbjahr unter den Breiten höher als 81° mit der Zunahme der Deklination bis zum Deklinationswert $90^\circ - \varphi$ zu, dann beginnt die Zirkumpolarität der Sonne unter dem Horizont, das ist aber bis zu einem Deklinationswert $\varphi - 72^\circ$ ununterbrochene Dämmerung, dann von dieser Deklination bis zum Mittwinter nimmt die Dämmerungsdauer ab.

Unter $84,5^\circ$ Breite um die Wintersonnenwende gibt es schon keine Dämmerung, nur volle Nacht, und unter den Breiten höher als $84,5^\circ$ vom Deklinationswert $108^\circ - \varphi$ ab gibt es keine Dämmerung.

Am Pol gibt es Dämmerung im Winterhalbjahr solange der Wert der Sonnendeklination zwischen 0° und 18° ist.

LITERATUR

1. DR. STOLL (in Bensheim a. d. Bergstr.): Das Problem der kürzesten Dämmerung. Zeitschrift für Mathematik und Physik, Bd. 28, 1883, 150—156.

CONTENTS—INHALTSVERZEICHNIS

BÉLL, B.: <i>In memoriam Prof. R. Wagner</i>	3
BARBARA OBREBSKA-STARKEL: <i>Beitrag zur Methode der Aussonderung meso- und mikroklimatischer Einheiten in Gebirgen</i>	19
JUHÁSZ, J. and M. DZUBAY: <i>The Distribution of Precipitation and Soil Amelioration with Artificial Materials</i>	29
ILONA BÁRÁNY and J. BOROS: <i>Temperature Conditions in the Microclimate of a Rice Crop</i>	47
KISS, Á.: <i>Zum Problem der kürzesten Dämmerung</i>	69

Felelős kiadó: Dr. Juhász János
72-2884 — Szegedi Nyomda